

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Віктор РОЗЕН,
прізвище

«__» _____ 2020 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг автоматизованих
електротехнічних комплексів»**

спеціальності 141 «Електроенергетика електротехніка та електромеханіка»

**на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація кар'єрної
водовідливної установки»**

Виконав:

студент IV курсу, групи **ОА-г61-1**

Харкевич Роман Вікторович _____

Керівник:

Старший викладач

Прядко Сергій Леонідович _____

Консультант з електропостачання:

доцент, к.т.н., доцент

Мейта Олександр В'ячеславович _____

Консультант Охорона праці та безпека

в надзвичайних ситуаціях:

доцент, к.т.н., доцент

Козлов Сергій Степанович _____

Рецензент:

Зав. кафедри, д.т.н., професор

Шевчук Степан Прокопович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ 2020

АЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 «Енергетика електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма « **Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів**»

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Віктор РОЗЕН,
прізвище

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Харкевичу Роману Вікторовичу

1. Тема проекту «**Електромеханічне обладнання та автоматизація кар'єрної водовідливної установки**», керівник проекту **Прядко Сергій Леонідович**, старший викладач, затверджений наказом по університету від «21» травня 2020 р. № 1131-с
2. Термін подання студентом проекту: 12 червня 2020 р
3. Вихідні дані до проекту: проектна продуктивність кар'єра з видобування корисних копалин становить 500 тис. м3 в рік (1315 тис. т/рік).
4. Зміст пояснювальної записки :
 - а) Загальна частина провести розрахунок водовідливної установки , провести вибір насосів за допомогою програми VODA ;
 - б) Електропостачання спроектувати систему електропостачання кар'єру та водовідливної установки;
 - в) Спеціальна частина вибрати та обґрунтувати регульований електропривод для приводу насосів, автоматизована система керування насосною установкою;
 - д) Охорона праці комфортна і безпечна робота з електроустаткуванням водовідливної установки (мікроклімат, освітлення, шум). Захист людини від ураження електричним струмом.;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо).

1 аркуш – Схема водовідливної установки;

2 аркуш- Схема електропостачання Микитівського кар'єру;

3 аркуш – Електрична схема водовідливної установки ;

4 аркуш – Структурна схема ПЧ АД та моделювання.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електропостачання	Мейта О.В., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Козлов С.С., доцент		

7. Дата видачі завдання 8 квітня 2020р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Загальна частина	8.04.2020	20.04.2020
	Електропостачання	20.04.2020	6.05.2020
	Спеціальна частина	8.04.2020	10.06.2020
	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.05.2020	3.06.2020

Студент

Роман ХАРКЕВИЧ

Керівник

Сергій ПРЯДКО

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП 2410. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	115	
3	A1	ДП 2410. 01.000 ТК		1	
4	A1	ДП 2410. 02.000 ТК		1	
5	A1	ДП 2410. 03.000 ТК		1	
6	A1	ДП 2410. 04.000 ТК		1	

				ДП 2410 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розроб.	Харкевич Р.В.				1	1
Керівн.	Прядко С.Л.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АУЕК Гр. ОА-61-1	
Консульт.						
Н/контр.	Смоляр В.Г.					
Зав.каф.	Розен В.П.					

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація
кар'єрної водовідливної установки»

РЕФЕРАТ

До бакалаврської роботи Харкевича Романа Вікторовича на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація кар'єрної водовідливної установки». Загальний об'єм роботи 82 сторінки , 15 рисунків , 23 таблиць , 4 аркуша А1.

У бакалаврській роботі. Розглянуто особливості водовідливних установок кар'єру, як об'єктів енергоефективного управління засобами регульованого електроприводу. Визначено раціональні режими роботи насосних агрегатів. Запропоновано використання насосів з асинхронним частотно-регульованим приводом для забезпечення енергозберігаючих режимів роботи водовідливних комплексів. Розроблено схему автоматизованого електроприводу насосного агрегату та схему автоматизації. Графічна частина розроблялася з використанням програм AutoCAD 2019, Microsoft Visio, [MathLab](#).

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	уст
	уст	докум.	пис	Дата		

ABSTRACT

Before the undergraduate robot of Kharkevich Roman Viktorovich on the topic:
"Electromechanical possession and automation of a car's water installation".

Total workload 82 sides, 15 figures, 23 table, 4 arcus A1.

Have a bachelor's robot. The specifics of the water installations of the career are considered, as is the subject of energy-efficient control of the interlocks of a regulated electric drive. It is marked the rational operation of the work of the pumping units. It has been suggested to use the pump with an asynchronous frequency-controlled drive for securing the energy-saving operation modes of the work water complex. The diagram of the automated electric drive of the pumping unit and the diagram of automation is elaborated. The graphical part was elaborated among the AutoCAD 2019, Microsoft Visio, MathLab programs.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист 1
						76
Зм.Зм.	Лист/Л	№ докум.№	Підпис/Під	Дата		

ЗМІСТ

1. Загальна частина.....	10
1.1. Опис місця провадження планованої діяльності.....	10
1.2. Продуктивність, термін служби і режим роботи кар'єру.....	11
1.3. Підготовка родовища до подальшої експлуатації.....	12
1.4. Спосіб та система розробки.....	12
1.5. Кар'єрний транспорт та обладнання.....	14
1.6. Водоспоживання та водовідведення	15
1.7. Оцінка за видами та кількістю очікуваного забруднення води	16
1.8. Розрахунок обсягів зливових вод, що відводяться з території прилеглої до кар'єру.....	18
1.9. Визначення водоприливу в кар'єрі на прикінцевий термін його розробки.....	20
1.10. Аналітичні характеристики насосів.....	22
1.11. Розрахунок водовідливної установки.....	24
2. Електропостачання.....	30
2.1. Розрахунок освітлення.....	30
2.2. Розрахунок електричних навантажень.....	36
2.3. Розрахунок електричних мереж.....	37
2.4. Розрахунок струмів КЗ.....	42
2.5. Вибір електричних апаратів.....	46
2.6. Розрахунок техніко-економічних показників.....	49
2.7. Визначення річних втрат електроенергії.....	50
3. Спеціальна частина.....	52
3.1. Розробка регульованого електропривода насосних установок кар'єра.....	52
3.2. Визначення параметрів схеми заміщення АД за довідковими даними.....	55
3.3. Розрахунок параметрів системи ПЧ-АД.....	61
3.4. Моделювання системи ПЧ-АД за допомогою пакету Matlab.....	63

3.5 Вибір електричного обладнання.....	65
3.5.1 Загальні відомості про інтелектуальні силові модулі компанії Vishay.....	65
3.5.2 Електричні перетворювачі фірми LEM.....	66
3.5.3 Перетворювач струму з відкритою петлею зворотного зв'язку з аналоговим виходом напруги.....	67
3.5.4 Перетворювач напруги з замкнутою петлею зворотного зв'язку з аналоговим виходом струму.....	68
3.5.5 Випрямні діоди.....	69
3.5.6 Транзистори IGBT.....	69
3.6 Система автоматизованого управління апаратурою кар'єрних водовідливних установок.....	70
4 Охорона праці.....	74
4.1 Загальні заходи безпеки при відкритих гірських роботах.....	74
4.2 Освітлювальні установки на кар'єрах.....	75
4.3 Шкідливий вплив на людину вібрацій та шуму. Заходи по боротьбі з ними.....	76
4.4 Боротьба з пилом та шкідливими газами.....	76
4.5 Електробезпека.....	77
4.6 Заходи протипожежного захисту.....	78
Перелік посилань.....	80

1 Загальна частина

1.1. Опис місця провадження планованої діяльності

Микитівське родовище гранітів розробляється з 1987 року. Розкриття родовища здійснюється відкритим способом із застосуванням буро-вибухових робіт. Система розробки родовища транспортна з паралельним просуванням фронту робіт та зовнішнім відвалоутворенням. Розробка проводиться з попереднім розпушенням методом свердловинних зарядів та екскаваторним навантаженням гірської маси.

До складу ПрАТ “Микитівський гранітний кар’єр” входять такі виробничі підрозділи: кар’єр з добичі граніту; дробильно-сортувальна лінія з випуску щебню та піщано-щебеневої продукції; механічні майстерні; гараж; склад ГММ; складські приміщення; - адміністративна будівля.

Згідно спеціального дозволу на користування надрами загальна площа ділянки становить 33,8 га, в тому числі: під кар’єр – 11,11 га; промисловий майданчик, де розташовані виробничі об’єкти – 8,24 га. При видобутку корисної копалини в об’ємі 260,0 тис м³/рік у щільному тілі, термін служби кар’єру складе 17,6 років. Режим роботи ПрАТ «Микитівський гранітний кар’єр» наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технологічні характеристики підприємства

№ з/п	Показники	Од. виміру	Добування
1.	Річна продуктивність	тис. м ³	260,0
2.	Режим роботи		цілорічний
3.	Число робочих днів за рік	день	260
4.	Кількість змін за добу	змін	2
5.	Тривалість зміни	годин	8

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Загальна частина		
Разраб.	Харкевич Р.В.						
Перевір.	Прядко С.Л.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затвердив.	Прядко С.Л.				Літ Лист Листів		
					100 20		
					ІЕЕ каф. АЧЕК		

Схему розташування виробничих об'єктів Микитівського гранітного кар'єру наведено на рисунку 1.1.

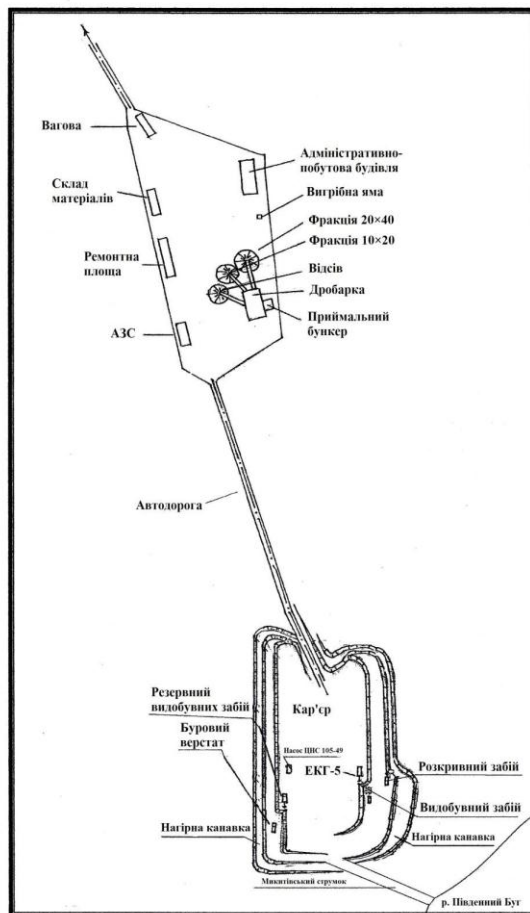


Рисунок 1.1 - Схема розташування виробничих об'єктів Микитівського гранітного кар'єру

1.2 Продуктивність, термін служби і режим роботи кар'єру

Для визначення продуктивності кар'єру по видобуванню гірничої маси приймаються дані, надані ПрАТ «Микитівський гранітний кар'єр» щодо випуску товарної продукції (450,0 тис. м³ за рік). Видобуток гірської маси (річний) розраховується в залежності від ваги товарної продукції:

$$1,45 \times 450 \times 0,78 + 1,50 \times 450 \times 0,22 = 508,95 + 148,50 = 657,45 \text{ тис. т. де:}$$

1,45 т/м³ – насипна маса щебню;

0,78 – коефіцієнт виходу щебню із гірничої маси для прийнятої технології переробки гранітів;

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

450,0 тис.м³ – річний випуск товарної продукції по даним підприємства;

1,50 т/м³ – насипна маса відсіву;

0,22 – коефіцієнт виходу відсіву із гірничої маси для прийнятої технології переробки гранітів.

Відповідно до норм технологічного проектування (ОНТП 18-85) витрата гірничої маси для виробництва щебню з гранітів визначається коефіцієнтом який встановлено на рівні 1,05 т/т.

$$1,05 \times 657,45 = 690,32 \text{ тис. т.}$$

Для реального відображення ваги видобутої гірничої маси потрібно в цю цифру включити експлуатаційні втрати: підричних робіт – 0,5%, та при транспортуванні – 0,3%.

$$1,005 \times 1,003 \times 690,32 = 695,86 \text{ тис. т.}$$

Відповідно до лабораторних даних середня об'ємна маса гранітів Микитівського родовища становить 2,68 т/м³, виходячи з цього середньорічний об'єм видобутку корисної копалини складе: $695,86 : 2,68 = 259,65 \text{ тис. м}^3 \approx 260,0 \text{ тис. м}^3$ у щільному тілі.

При видобутку корисної копалини в об'ємі 260,0 тис м³/рік у щільному тілі, термін служби кар'єру складе 17,6 років.

1.3 Підготовка родовища до подальшої експлуатації

Добувні роботи на Микитівському кар'єрі ведуться на двох горизонтах: +19,0, +34,0. Розкривні породи в межах Микитівського родовища зняті та відскладовані.

Гірничі роботи в кар'єрі ведуться у напрямку з півночі на південь.

Капітальні роботи, що пов'язані з розкриттям, не передбачаються.

Наступний розвиток гірничих робіт буде здійснюватися за рахунок розвитку існуючого стану діючого кар'єру.

1.4 Спосіб та система розробки

Згідно з геологічними умовами родовища та фізико-механічними властивостями корисних копалин, наявністю гірничого та транспортного

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

обладнання на Микитівському кар'єрі прийнята транспортна система розробки.

Розпушення корисних копалин передбачається свердловинними зарядами, навантаження – екскаваторне, транспортування гірничої маси - автомобільне.

Буріння свердловин виконується буровим верстатом фірми «Atlas–Сорсо». Для виконання підривних робіт використовується грамоніт або емульсійні вибухові матеріали.

Допоміжні роботи виконуються бульдозером Т-130.

Відповідно з прийнятими обладнанням та вимогами «Правил безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом» розробка буде вестись уступами, максимальна висота яких не буде перевищувати 15 м.

Параметри системи розробки прийняті згідно «Норм технічного проектування підприємств промисловості нерудних будівельних матеріалів», «Єдиних правил безпеки при розробці родовища корисних копалин відкритим способом» і наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Основні параметри системи розробки

№ з/п	Найменування параметрів	Од. вимірювання	Видобувні роботи
1.	Кількість уступів	шт.	2
2.	Відмітки робочих горизонтів	м	+19,0;+34,0
3.	Висота уступу	м	до 15
4.	Кути відкосів, уступів: а) робочий борт б) неробочий борт	град. град.	80 70
5.	Середня річна довжина фронту робіт	м	100
6.	Ширина робочих майданчиків	м	84,4
7.	Ширина транспортувальної смуги	м	10,0
8.	Ширина виїзної траншеї (по низу)	м	14
9.	Довжина виїзної траншеї	м	80

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.5 Кар'єрний транспорт та обладнання

Для транспортування корисної копалини на дробильно-сортувальний комплекс використовуються автосамоскиди Foton або Nowo, вантажопідйомністю 12,0 т. Розрахунки потрібної кількості автосамоскидів проведені відповідно до «Единых норм выработки на открытые горные работы для предприятий горнодобывающей промышленности, часть IV. Экскавация и транспортирование горной массы автосамосвалами», 1989 г. Об'єм та дальність транспортування гірничої маси прийняті на стабільний період експлуатації кар'єру.

Результати розрахунків потрібної кількості автосамоскидів на добувних роботах наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Розрахунок потрібної кількості автосамоскидів на добувних роботах

№ з/п	Найменування показників	Од. виміру	Кількість
			Корисна копалина
1	Річний об'єм перевезень	м ³	260 000
		т	696 800
2	Об'ємна маса	т/м ³	2,68
3	Категорія порід по ЕНВ		IV
4	Вантажопідйомність автосамоскиду	т	12,0
5	Норма виробки та транспортування автосамоскидом за зміну	м ³	200,8
6	Кількість робочих змін за рік	змін	520
7	Змінний об'єм перевезень	т	506
8	Змінний об'єм перевезень з урахуванням коефіцієнта нерівномірності 1,1	м ³	557
9	Розрахункова кількість робочих автосамоскидів	шт.	2

Таким чином, для виконання проектних об'ємів видобутку потрібно мати 2 робочих автосамоскиди типу Foton або Nowo.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Затве	докум.	Підпис			14

Перелік кар'єрного транспорту та обладнання, яке необхідне для розробки Микитівського родовища приведений у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Перелік необхідного кар'єрного транспорту та обладнання

№ з/п	Найменування	Кількість, штук
1	Буровий станок- 4СБШ-200	1
2	Екскаватор- ЕКГ-5	5
3	Станок буровий самохідний -СБУ-100Г	1
4	Екскаватор- ЕО-2503	1
5	Насос 1Д200-90а	3
6	Буровий станок- СБШ-320	1
7	Буровий станок- 2СБШ-200	1

1.6 Водоспоживання та водовідведення

ПрАТ «Микитівський гранітний кар'єр» має дозвіл на спеціальне водокористування від 19.04.2017 р. № УКР 742 А/НИК (ДОДАТОК 12).

На власні потреби (питні, господарсько-побутові) використовується привізена питна вода.

На виробничі потреби (зрошення гірничої маси, полив кар'єрних доріг, підживлення системи миття відсіву) використовується кар'єрна вода з зумпфу у кількості 64,0 м³/добу, 23,360 тис. м³/рік.

Скид стічних вод від технологічних процесів відсутній.

Водовідведення кар'єрних вод здійснюється у р. Південний Буг із зумпфа-накопичувача гранітного кар'єру. Об'єм зумпфу складає 6000 м³, покриття дна та бортів – гранітне.

Водоприлив кар'єрних вод складає 800 м³/добу (292,0 тис.м³/рік), з них 64 м³/добу (23,360 тис.м³/рік) використовується на виробничі потреби.

Кар'єрні води збираються у зумпфі (водозбірнику), який розташовано на дні кар'єру. З зумпфа-накопичувача кар'єрні води відкачуються відцентровим насосом ЦНС 105-49, продуктивністю 105 м³/год (у наявності є 3 насоса, 1 – робочий, 1 – резервний, 1 – у ремонті).

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	т
м.		№ докум.	Підпис	ата		15

Кар'єрні води відводяться по напірному водоводу довжиною 70 м та у діаметрі – 10 мм у Микитівський струмок, що є транспортною артерією, та далі у р. Південний Буг. Випуск кар'єрних вод береговий, незатоплений.

Скид кар'єрної води виконується на протязі 365 діб по 8 годин.

Від підтоплення поверхневими водами у період зливових та зatoryжних дощів, а також у період танення снігу кар'єр огорожується шляхом спорудження водовідвідних нагорних каналів з площею поперечного розрізу, достатній для відводу максимальної кількості весняних вод та атмосферних опадів за час злив з території (14,45 га) сільгоспугідь, що розташовані навколо кар'єру.

Скид води з водовідвідних нагорних каналів здійснюється у Микитівський струмок, по якому тече у р. Південний Буг.

Загальний обсяг кар'єрних та зливових вод, що скидається у р. Південний Буг від Микитівського гранкар'єру складає:

$292,0 - 23,360 + 99,482 = 368,122$ тис.м³/рік, де:

292,0 тис.м³/рік - водоприлив в кар'єр за рік,

23,360 тис.м³/рік - використання води на виробничі потреби,

99,482 тис.м³/рік - зливі води.

1.7 Оцінка за видами та кількістю очікуваного забруднення води

На власні потреби (питні, господарсько-побутові) використовується привізна питна вода. На виробничі потреби (зрошення гірничої маси, полив кар'єрних доріг, підживлення системи миття відсіву) використовується кар'єрна вода у зумпфі накопичувача у кількості 64,0 м³/добу, 23,360 тис. м³/рік. Скид стічних вод від технологічних процесів відсутній.

Водовідведення господарсько-побутових стоків здійснюється у вигрібну яму. Вивіз нечистот з вигрібної ями здійснюється спеціалізованою організацією за договором. Вплив на водне середовище при роботах на Микитівському родовищі виявляється за допомогою скидання кар'єрних та зливових вод у р. Південний Буг.

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

Водовідведення кар'єрних вод здійснюється у р. Південний Буг із зумпфа-накопичувача гранітного кар'єру. Об'єм зумпфу складає 6000 м³, покриття дна та бортів – гранітне.

Водопрлив кар'єрних вод складає 800 м³/добу (292,0 тис.м³/рік), з них 64 м³/добу (23,360 тис.м³/рік) використовується на виробничі потреби.

Кар'єрні води збираються у зумпфі накопичувача (водозбірнику), який розташовано на дні кар'єру. З зумпфа накопичувача кар'єрні води відкачуються відцентровим насосом 1Д200-90а, продуктивністю 139,2 м³/год (у наявності є 3 насоса, 1 – робочий, 1 – резервний, 1 – у ремонті).

Кар'єрні води відводяться по напірному водоводу довжиною 70 м та у діаметрі – 10 мм у Микитівський струмок, що є транспортною артерією, та далі у р. Південний Буг. Випуск кар'єрних вод береговий, незатоплений.

Від підтоплення поверхневими водами у період зливових та зятяжних дощів, а також у період танення снігу кар'єр огорожується шляхом спорудження водовідвідних нагорних канал з площею поперечного розрізу, достатній для відводу максимальної кількості весняних вод та атмосферних опадів за час злив з території (14,45 га) сільгоспугідь, що розташовані навколо кар'єру.

Скид води з водовідвідних нагорних канал здійснюється у Микитівський струмок, по якому тече у р. Південний Буг.

Струмок на всьому протязі покритий вищою водною рослинністю (очерет, рогіз, осока і ін.), що сприяє природному очищенню води.

Кар'єрні води, протікаючи по струмку, природно очищуються вищою водною рослинністю і самопливом стікають в р. Південний Буг та не являються забруднювачами водного басейну ("Вихідні дані й розрахункові умови для розробки нормативів гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у р. Південний Буг із кар'єрними та зливовими водами ПрАТ «Микитівський гранітний кар'єр», 2016 р.).

Скид кар'єрної води виконується на протязі 365 діб по 8 годин.

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
						17
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний обсяг кар'єрних та зливових вод, що скидається у р. Південний Буг від Микитівського гранкар'єру складає:

$$292,0 - 23,360 + 99,482 = 368,122 \text{ тис.м}^3/\text{рік, де:}$$

292,0 тис.м³/рік – водоприлив в кар'єр за рік,

23,360 тис.м³/рік – використання води на виробничі потреби,

99,482 тис.м³/рік – злизові води.

1.8 Розрахунок обсягів зливових вод, що відводяться з території прилеглої до кар'єру

Розрахунок максимального притоку дощових вод виконаний у відповідності з ДБН В.2.5-75:2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди.

Основні положення проектування" (Додаток А).

Максимальний приток дощових вод (л/с) визначається по формулі:

$$q_r = ((z_{mid} \cdot A^{1.2} \cdot F) / (t_r^{1.2 \cdot n - 0.1}) \cdot \eta \cdot m,$$

де: z_{mid} - середнє значення коефіцієнта, що характеризує поверхню басейну стоку, визначається як середньозважена величина залежно від коефіцієнтів показника z , що характеризують поверхню з якої стікає дощова вода.

Для водонепроникних поверхонь стоку (покрівлі будівель і споруд, асфальтобетонні покриття доріг) при $n > 0,65$ і $A \leq 800$, $z_{mid} = 0,28$

A - безрозмірний параметр, визначається за формулою:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot (1 + l_q P / l_{qmr})^j, \text{ де:}$$

q_{20} - інтенсивність дощу, л/с на 1 га тривалістю 20 хв. для даної місцевості, визначається по даним табл. А.1, для м. Миколаєва $q_{20} = 102$ л/с;

n - показник ступеня, прийнятий по даним табл. А.1, для м. Миколаєва $n = 0,72$;

P - період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу для даної місцевості, прийнятий по даним "Період одноразового перевищення

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

розрахункової інтенсивності дощу для промислових підприємств", для м. Миколаєва $P = 1,0$;

m_r - середня кількість дощів за рік, прийнята згідно табл. А.1, для м. Миколаєва, $m_r = 115$;

j - показник ступеня, прийнятий згідно табл. А.1, для м. Миколаєва

$j = 2,22$;

F - розрахункова водозбірна площа, m^2 , згідно даних підприємства складає для:

- територія Микитівського гранкар'єру з якої відводяться атмосферні опади складає - 14,45 га - 144500 m^2 .

t_r - розрахункова тривалість дощу, що залежить від інтенсивності дощу, рівна тривалості протікання поверхневих вод по поверхні лотків та трубах до розрахункової ділянки, хв.; в даних розрахунках $t_r = 20$ хв.;

η - коефіцієнт для врахування нерівномірності випадіння дощу по площі; для площі менше 500 га дорівнює 1; m - коефіцієнт, що враховує тривалість дощу, приймається при тривалості дощу більше 10 хв. рівним 1.

Розрахунок максимального притоку дощових вод наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Розрахунок максимального притоку дощових

Найменування, формула	розрахункова	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення для випуску р. Південний Буг
Інтенсивність дощу		q_{20}	л/с на 1 га	102,00
Показник ступені		n		0,72
Середня кількість дощів за рік		M_0		115,00
Період однократного перевищення розрахункової інтенсивності дощу		P		1,00
Показник ступеня, характерний для даного району		j		2,22
Параметр		A		505,85
Значення коефіцієнту, що характеризує поверхню басейну стоку (покрівля будівель та споруд, асфальтобетонні покриття)		z_{mid}		0,280

Коефіцієнт для врахування нерівномірності випадання дощу по площі, для площі менше 500 га дорівнює 1 (згідно табл. А.5)	η		1,000
Коефіцієнт, що враховує тривалість дощу приймається при тривалості дощу більше 10 хв. рівним 1	m		1,000
Розрахункова водозбірна площа	F	м2	144500,000
Розрахункова тривалість дощу	tr	хв.	20,00
Секундний прилив дощових вод	q _с	л/с	720,88
Добовий прилив дощових вод	q _{добу}	м ³ /добу	865,06
Річний прилив дощових вод	q _{рік}	м ³ /рік	99481,90

1.9 Визначення водоприливу в кар'єрі на прикінцевий термін його розробки

Основні показники по родовищу для розрахунку водоприливу в проектний кар'єр наведені у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Основні показники по родовищу

Площа кар'єру за сучасного видобутку по підшві кар'єра, м ²	Проектна площа кар'єру на прикінцевий термін розробки по підшві кар'єра, м ²	Проектна площа кар'єру по денній поверхні на прикінцевий термін, м ²	Потужність водоносного горизонту, м
108380	73610	205222	75,0

Водоприлив в кар'єр розраховується, переважно, на прикінцевий термін розробки родовища. В залежності від геолого-гідрогеологічних умов, інтенсивності видобутку корисної копалини водоприлив можливо розрахувати гідравлічним або гідродинамічним методами. В конкретних умовах розрахуємо водоприлив гідравлічним методом. Фактичний водоприлив до кар'єру становить 800 м³/добу.

Визначимо водоприлив гідравлічним методом за формулою:

$$Q = Q_1((2H - S) \cdot S \cdot \ln F) / ((2H - S_1) \cdot S_1 \cdot \ln F_1) ; \text{ тут:}$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Q_1, S_1, F_1 - водопривив, зниження рівня та площа кар'єру за сучасного стану видобутку, м³/добу, м, м.

Q, S, F - очікуваний водопривив, зниження рівня та площа кар'єру на прикінцевий термін розробки родовища, м³/добу, м, м.

H - потужність водоносного горизонту, м.

Вихідні дані та результати розрахунків наведені в таблиці 1.7 .

Таблиця 1.7- Розрахунок водопрививу гідравлічним методом

$H, м$	$Q_1, м^3/д$	$S_1, м$	$S, м$	$F, м^2$	$F_1, м^2$	$Q, м^3/добу$
75,0	850	34,0	75,0	73610	108380	1104

Додатково визначається кількість атмосферних опадів, що безпосередньо потрапляють на площу кар'єру за формулою:

$$Q_{атм} = \eta \frac{FN}{365}; \text{ тут:}$$

η - коефіцієнт, яким враховуються втрати на випаровування;

F - площа кар'єру по денній поверхні, м²;

N - кількість атмосферних опадів за рік, мм.

Вихідні дані та результати розрахунків наведені нижче, у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Розрахунок водопрививу атмосферних опадів

$F_1, м^2$	$N, мм/рік$	η	$Q_{атм.}, м^3/добу$
205222	457	0,7	180

Таким чином, сумарний водопривив до проектного кар'єру на прикінцевий термін його розробки складатиме:

$$Q_{сум} = 1104 + 180 = 1284 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Водопривив до проектного кар'єру на прикінцевий термін його розробки за рахунок злив визначається за формулою:

$$Q_{зл} = \frac{H_{зл}F}{24}, \text{ тут:}$$

$H_{зл}$ - середньостатистичний багаторічний шар опадів за рахунок злив ,мм.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

F - площа кар'єру на прикінцевий термін його розробки, м^2 .

Вихідні дані та результати розрахунків наведені нижче, у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 - Водоприлив за рахунок злив

$F_1, \text{м}^2$	$H_{\text{зл}}, \text{мм}$	$Q, \text{тис. м}^3/\text{год}$
205222	190	1625

1.10 Аналітичні характеристики насосів

В процесі проектування водовідливних установок виникає необхідність вибору типу насосів для забезпечення розрахункового режиму і виконання аналізу можливих режимів їх роботи.

Для оцінки роботи насосів використовують аналітичні характеристики, які пов'язують їх основні параметри. Ці залежності дозволяють більш точно визначити напір, K , K , D , насоса в порівнянні з графоаналітичними методами і прогнозувати режими роботи водовідливних установок за допомогою ЕОМ.

Відомо, що характеристики насосів в каталогах приводяться в дрібному масштабі, тому важко встановити значення параметрів Q, H, N і η . Розглядаючи робочі характеристики насосів, можна переконатися, що ці залежності, які виходять за межі робочих зон насосів, можна прийняти як відрізки прямих або параболічних кривих в залежності від властивостей характеристик. Ця обставина дозволяє зобразити аналітичний вираз характеристик насосів і $H=f(Q)$, $N=f(Q)$, і $\eta = f(Q)$ у вигляді повних квадратичних тричленів і квадратичної функції :

$$H = H_o + a_1 Q - a_2 Q^2;$$

$$N = N_o + b_1 Q + b_2 Q^2;$$

$$\eta = Qc_i + c_2 Q^2,$$

де $a_1, a_2, b_1, b_2, c_i, c_2$ – розрахункові коефіцієнти для кожного типу насосів.

Зазначені залежності справедливі в межах, коли характеристики насоса можуть бути прийняті за пряму або квадратичну функцію; для кожного насоса ці залежності з застосуванням формул лінійної кореляції набувають цілком певні аналітичні вирази. При цьому емпірична залежність вважається достовірною, якщо критерій достовірності $\delta' = > 3$ при числі точок $n_i < 50$.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

Критерій достовірності визначається за формулою:

$$\delta = r \sqrt{n_1 - 1}$$

де r - коефіцієнт кореляції; n_1 - число досліджених точок.

Розглянемо приклад обчислення постійних в рівняннях для насосів дільничного водовідливу. Прийmemo значення : $Q^1 = 12$ л/с, $H_1 = 38,6$ м , $N_1 = 7,7$ кВт , $Q_2 = 25$ л/с, $H_2 = 34,6$ м , $N_2 = 10,9$ кВт , $Q_3 = 33,3$ л/с, $H_3 = 28$ м , $N_3 = 12,4$ кВт.

Таблиця 1.10 - Аналітичні характеристики рудникових секційних насосів

Насос	Формула напору одного робочого колеса , м $H = H_0 + a_1 Q - a_2 Q^2$;	Формула к.к.д. $\eta = Q c_1 + c_2 Q^2$,	Межі зміни подачі, м ³ /с
ЦНС 39-44 – ЦНС 38-220	$H = 27,3 + 0,128Q - 0,00828Q^2$	$\eta = Q(0,03887 - 0,00059Q)$	$0 \leq Q \leq 50$
ЦНС 60-192 – ЦНС 60-330	$H = 35,6 + 0,2813Q - 0,006338Q^2$	$\eta = Q(0,0207 - 0,00016Q)$	$0 \leq Q \leq 80$
ЦНС 105-98 – ЦНС 105-490	$H = 60,26 + 0,1321Q - 0,001707Q^2$	$\eta = Q(0,01106 - 0,00004276Q)$	$0 \leq Q \leq 170$
ЦНС 180-85 – ЦНС 180-425	$H = 81,52 + 0,073Q - 0,00089Q^2$	$\eta = Q(0,008821 - 0,00002677Q)$	$0 \leq Q \leq 215$
ЦНС 300-120 – ЦНС 300-600	$H = 58,67 + 0,04084Q - 0,000122Q^2$	$\eta = Q(0,004243 - 0,000006119Q)$	$0 \leq Q \leq 400$

Підставляючи ці значення в рівняння, отримаємо:

$$38,6 = H_0 + 12a_1 - 144a_2;$$

$$34,6 = H_0 + 25a_1 - 625a_2;$$

$$28,0 = H_0 + 33,3a_1 - 1109a_2.$$

Вирішуючи рівняння , отримаємо значення H_0 і коефіцієнтів a_1 , a_2 . Аналітична характеристика насоса має наступний вид:

$$H = 35,3 + 0,55Q - 0,023Q^2.$$

Для визначення аналітичної характеристики потужності насоса підставляємо значення Q , H і N в рівняння і, вирішуючи його, визначаємо значення N_0 і коефіцієнтів b_1 і b_2 :

$$7,7 = N_0 + 12b_1 + 144b_2;$$

$$10,9 = N_0 + 25b_1 + 625b_2;$$

$$12,4 = N_0 + 33,3b_1 + 1109 b_2.$$

Остаточно вираз потужності:

$$N = 3,8 + 0,36Q + 0,003Q^2.$$

Метод аналітичних характеристик можна застосувати для визначення витрат електроенергії, що витрачається на підйом 1 кг води.

1.11 Розрахунок водовідливної установки

Технічне та методичне керівництво по проведенню маркшейдерського обслуговування здійснюється головним маркшейдером підприємства, який безпосередньо знаходиться у підпорядкуванні головного інженера ПрАТ «Микитівський гранітний кар'єр».

При розробці родовища водоприлив в кар'єр за рахунок підземних вод на кінець експлуатації складе 1284 м³/добу або 54 м³/год.

У відповідності з методикою розробки корисної копалини кар'єрні води збираються у водозбірник. З водозбірника вода відкачується відцентровим насосом, продуктивністю 105 м³/год та напором 49 м , вода з водозабірника подається трубопроводом за межу південного борту кар'єра. Скид води виконується в Микитівський струмок, по котрому вода тече в р. Південний Буг.

На основі даних проведемо розрахунок, підставивши значення продуктивності та напір в комп'ютерну програму ``VODA`` , яка підбере максимально економічне та доцільне обладнання та насос. В результаті було отримані такі дані:

Розрахунок Кар'єрної водовідливної установки За мінімумом енерговитрат

Вхідні дані

Максимальний приплив води м ³ /год.....	280.0
Нормальний приплив води м ³ /год.....	200.0
Геодезична висота , м.....	50.0
Висота всмоктування , м.....	3.0
Довжина нагнітального трубопроводу, м.....	2000
Довжина всмоктуючого трубопроводу, м.....	11.0
Кількість насосів працюючих на приплив.....	2
Кількість насосів водовідливної установки.....	3

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	ист
ист	докум.	пис	Дата			

Кількість нагнітальних трубопроводів.....2

Технологічне обладнання

Тип насосу **1Д200-90а**

Координати робочої точки :

Q, м³/год.....139.2

H,м.....76.4

К.К.Д.,%71.1

n,об/хв.....2900.0

Тип електродвигуна **4А200L2У3**

Номінальна напруга, В.....380

Синхронні оберти , об/хв.....3000

Номінальна потужність , кВт..... 45.0

К.К.Д. двигуна ,%.....91.0

Питомі енерговитрати ,кВт*год/ м³0.355

Насос призначений для відкачування нейтральної або слабко лужної води з глибоких шахт вугільної та гірничорудної промисловості.

Водовідливні установки такого типу широко застосовуються в промисловості, вона є типовою водовідливною установкою рудних і вугільновидобувних підприємств при середній обрідності. В насосній камері з круглим водозбірним колодязем встановлено три насосних агрегати.

Висота всмоктування приймається від 3.5-6 м. що визначається всмоктуючи ми можливостями насоса і ефективності використання об'єму водозбірника. Всмоктуючий трубопровід оснащується запобіжною сіткою щоб механічні добавки не потрапляли в насос.

На рисунку 1 представлена гідравлічна схема водовідливної установки з апаратурою ВАВ у вибухонебезпечному виконанні. Заливка основних насосів здійснюється погрузним насосом ЗГІН, а пуск їх та зупинка в залежності від рівня води в водозбірнику. Установка комплектується обладнанням і апаратурою, що контролює основні параметри насосних агрегатів: подачу, тиск, стан заливки насосів і температура підшипників. Дані водовідливні установки характеризуються високою надійністю в роботі, великою оперативністю при ввімкненні резервних насосів і при переключенні їх на

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист/Л
						2524
Зм.Зм.	Лист/Л	№ докум.№	Підпис/Під	Дата		

нагнітальні трубопроводи. В установці передбачений подвійний нагнітальний

трубопровід, що дозволяє здійснити незалежну роботу кожного насосу на

будь-який з двох. Для цього нагнітальний патрубок насоса обладнують зворотнім клапаном та трійником до двох сторін якого під'єднується засувка для подачі води з насоса.

Розміри насосних камер визначаються габаритами обладнання і величиною проходів, необхідних для обслуговування насосних агрегатів і виконання монтажних робіт. Розміри горизонтального ходка визначаються умовами транспортування обладнання максимальних габаритів і зазорами не менше ніж 200 мм. До кожної сторони виробітки і до перекриття. Висота горизонтального ходка повинна бути не менше 1900 мм.

Габарити ходка визначаються з умови розміщення трубопроводів, постачає мого обладнання. Висота ходка визначається виходячи з максимальної висоти обладнання і зазором 200 мм. до перекриття, але не менше 1500 мм.

При виборі місця розміщення насосної камери необхідно враховувати гірничотехнічні умови. Зі збільшенням гірничого тиску на глибоких горизонтах не допускається спряження насосної камери з виробками водовідливного комплексу під гострим кутом. В цих умовах перевіряється розрахункове навантаження на аркову конструкцію з урахуванням вібрації потужних насосних агрегатів, щоб не допустити утворення тріщин в залізобетонних конструкціях.

Над кожним насосом встановлюються монтажні блоки, розраховані на підвіску блоків для підйому і монтажу насосного обладнання. Для доставки обладнання в камері прокладається рейкова колія однакової ширини колії з загальною шахтною мережею відкаточних шляхів.

Аналітичний вираз характеристики мережі:

$$H_{\text{м}} = H_{\text{г}} + RQ^2$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$R=0,097$$

$$H_i=50+0,097Q^2$$

Використовуючи програму "TABLIZA" знаходимо:

$Q,$ $m^3 / год$	0	50	100	150	200	250
$H, м$	50	54,85	59,7	64,55	69,4	74,25

Знаходимо аналітичний вираз характеристики насоса:

$Q,$ $m^3 / год$	0	50	100	150	200	250
$H, м$	82	85	82	79	70	65

Використовуючи програму "GR3", отримаємо:

$$H(Q) = 55.076 + 0.4876Q - 3 \cdot 128 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$$

Для знаходження робочої точки прирівнюємо характеристики мережі і насоса:

$$50+0,097Q^2=55.076 + 0.4876Q - 3 \cdot 128 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$$

$$Q_p = 143,4 m^3 / год$$

Підставивши дане значення в характеристику мережі чи насоса, отримаємо:

$$H = 81,67 м$$

Для знаходження характеристики ККД $[\eta = f(Q)]$, використаємо програму "GR3":

$Q,$ $m^3 / год$	0	50	100	150	200	250
$\eta, \%$	0	35	56	71	78	73

$$\eta = 76,4\%$$

Знайдемо швидкість води в нагнітальному і всмоктувальному трубопроводі:

$$D_{\text{наг}} = 180 \text{ мм} \quad h = 5 \text{ мм} \quad D_{\text{вс}} = 402 \text{ мм}$$

$$v_{i \text{ наг}} = \frac{4Q_p}{3600\pi(D-2h)^2} = \frac{4 \cdot 287.4194}{3600 \cdot 3.14 \cdot (0.18 - 2 \cdot 0.005)^2} = 3.519 \text{ м/с}$$

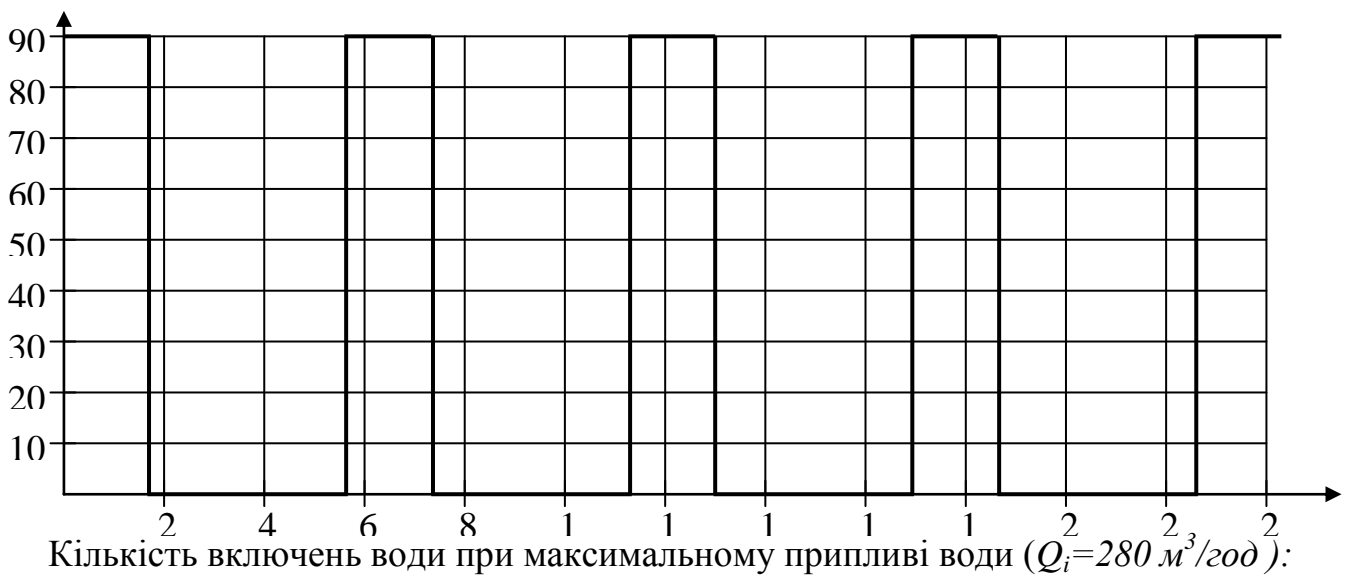
$$v_{\text{вс}} = \frac{4Q_p}{3600\pi(D-2h)^2} = \frac{4 \cdot 287.4194}{3600 \cdot 3.14 \cdot (0.402 - 2 \cdot 0.005)^2} = 0.662 \text{ м/с}$$

Для відкачування приливу води використовується два насоса. Два насоса в резерві і два насоса в роботі, а один на ремонті. В загальному установка складається з 3-и насосів.

Кількість включень води при нормальному припливі води ($Q_i = 200 \text{ м}^3/\text{год}$):

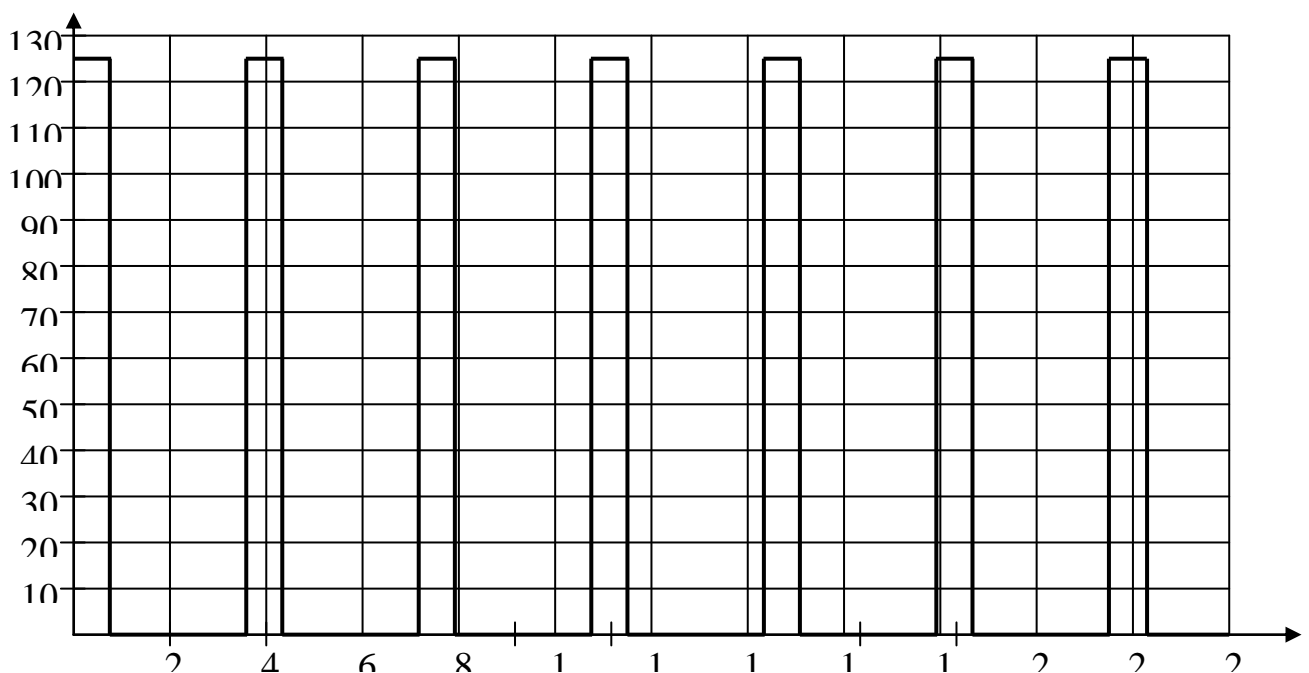
$$T_{200} = (4 \cdot Q_i) / (Q_p - Q_i) = (4 \cdot 200) / (287.4149 - 200) = 9,15 \text{ год}$$

$$T'_{200} = (4 \cdot Q_i) / (Q_i) = 4 \text{ год}$$



$$T_{280} = (4 \cdot Q_i) / 2 \cdot (Q_p - Q_i) = (4 \cdot 280) / (2 \cdot 287.4149 - 280) = 3,79 \text{ год}$$

$$T'_{280} = (4 \cdot Q_i) / (Q_i) = 4 \text{ год}$$



Порівняння похибки результатів в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 - Похибка результатів

	Базові	Розрахункові	Похибка
$Q, \text{ м}^3 / \text{год}$	139,2	143,4	2,93%
$H, \text{ м}$	76,4	81,67	6,75%
$\eta, \%$	71,7	76,4	6,16%

Побудуємо характеристики насосу і К.К.Д.

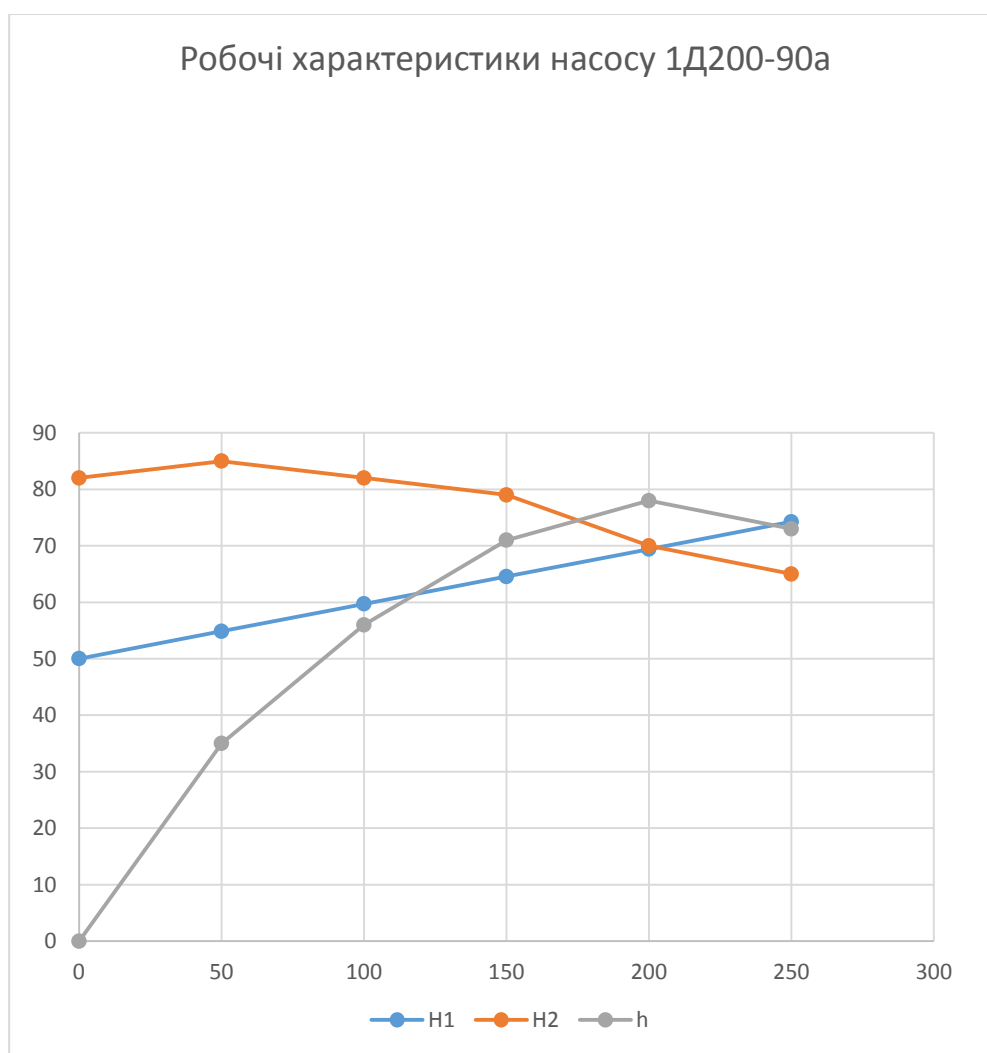


Рисунок 1.2 - Робочі характеристики насосу 1Д200-90а

2 Електропостачання

На ПрАТ «Микитівський гранітний кар'єр» електроенергія передається по повітряній ЛЕП-35кВ з підстанції 35/6 кВ «Полька». Для електрозабезпечення гірничих робіт в кар'єрі знаходиться пересувна повітряна ЛЕП-6кВ. Для електрозабезпечення промислового майданчика, де знаходиться ДСК, побудована стаціонарна повітряна ЛЕП-6кВ.

Таблиця 2.1 - Перелік необхідного кар'єрного транспорту та обладнання

№ з/п	Найменування	Кількість, штук
1	Буровий станок- 4СБШ-200	1
2	Екскаватор- ЕКГ-5	5
3	Станок буровий самохідний -СБУ-100Г	1
4	Екскаватор- ЕО-2503	1
5	Насос 1Д200-90а	3
6	Буровий станок- СБШ-320	1
7	Буровий станок- 2СБШ-200	1

2.1 Розрахунок освітлення

Освітлення приміщення насосної станції (Метод питомої потужності)

Використовується при орієнтовних розрахунках електричних навантажень на освітлення приміщень і відкритого простору. Питома потужність на освітлення знаходиться із залежності Вт/м²:

$$\omega = \frac{P_0}{S}$$

де: P_0 - сумарна потужність ламп, Вт; S - площа освітлювальної поверхні, м².

Питома потужність знаходиться в межах $\frac{E_H}{3} \dots \frac{E_H}{5}$ при освітленні

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ			
	ист	докум.	пис	Дата				
Разраб.	Р.В.Харкевич				Електропостачання			Листів
Перевір.	С.Л.Мейта О.В.							
Реценз.						ІЕЕ каф. АЧЕК		
Контр.								
Затверд.	Прядко С.Л.							

лампами розжарювання та $\frac{E_H}{10} \dots \frac{E_H}{15}$ при освітленні люмінесцентними лампами, де: E_H - нормативна освітленість, лк. Для очисних і підготовчих вибоїв рекомендована питома потужність на освітлення 5 Вт/м³ [6].

Тоді необхідна для освітлення вибою потужність:

$$P_{ocb} = \omega \cdot S,$$

де: $S = L_n \cdot b$ - освітлювальна площа вибою, м², L_n - довжина лави, м, b - ширина вибійного простору, м.

Необхідна кількість світильників:

$$N_{CB} = \frac{P_{ocb}}{P_L},$$

де: P_L - потужність лампи, Вт.

Відстань між окремими світильниками у вибої, м:

$$l = \frac{L_n}{N_{CB} + 1}$$

Для освітлення в очисних вибоях бажано використовувати спеціальні світильники, наприклад СЗВ-60, СЗВ 1.1М, а також СКВ, СВЛ, Луч 2М.

Освітлення кар'єру (Прожекторне освітлення)

Основна перевага освітлення прожекторами заключається в ефективності використання на значних територіях, економічності, невисокої вартості освітлювальних мереж, зручності обслуговування, сприятливості умов освітлення вертикальних поверхонь. Недоліками такого освітлення є осліплююча дія прожекторів, необхідність кваліфікованого догляду (фокусування, очищення відбивача), наявність різних тіней від великих об'єктів, невисока ефективність при освітленні вузьких смуг (доріг, проходів між будівлями і т. ін.).

Прожекторне освітлення рекомендують використовувати для освітлення значного відкритого простору: відкритих гірничих робіт, території відкритих

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	ЛистД
Зм.	ЛистЗ	№ докум.Лист	Підпис	Дата		З1/Лис

складів, будівельних робіт, залізничних станцій, а також у випадках, коли небажане захаращення освітлюваної території опорами зі світильниками.

При розрахунку прожекторного освітлення визначається мінімальна освітленість за нормами, коефіцієнт запасу, вибирається тип прожектора, розраховується висота встановлення, кількість прожекторів, найбільш вигідний кут нахилу оптичної вісі прожектора, вибирається місце установки прожекторів.

Розрахунок прожекторного освітлення може виконуватись за співвідношеннями, що справедливі для точкових палаючих елементів. Специфіка заключається в визначенні сили світла в напрямі до розрахункової точки, що затрудняється внаслідок того, що оптична вісь прожектора розташовується під кутом до горизонту. Користуючись кривими рівних значень сили світла за знайденими кутами β_r та β_v знаходять силу світла в напрямі розрахункової точки, і відповідно, значення освітленості

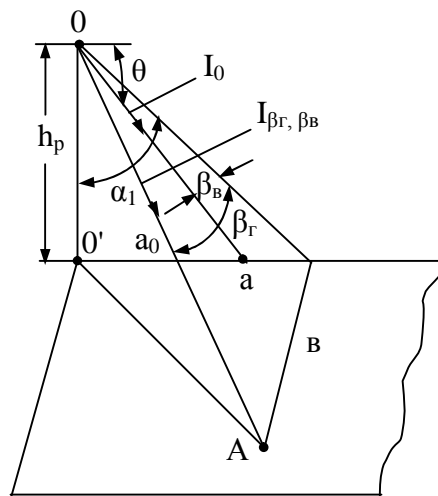


Рисунок 2.1 - До розрахунку освітленості від прожектора

При розрахунку освітленості в багатьох точках освітлюваної поверхні або розрахунку освітленості від великої кількості прожекторів часто використовують допоміжні графіки та таблиці. Найбільше розповсюдження на практиці отримав метод кривих рівних значень відносної освітленості (запропонований Г. М. Кноррингом), під якою розуміють освітленість

площини, перпендикулярної до оптичної вісі прожектора і віддаленої від його світлового центра на 1 м.

Точні та складні методи розрахунку використовуються при розрахунку стаціонарних освітлювальних установок з повністю визначеною площею освітлення. На гірничих підприємствах, зокрема на відкритих гірничих роботах, важко врахувати різноманітність умов роботи освітлювальної установки, змінюються також зона освітлення та місце роботи машин. Тому для цих умов використовують часто приблизні методи розрахунку.

Необхідна кількість прожекторів і потужність їх ламп приблизно можна визначити методом світлового потоку, методом питомої потужності або методом komponування кривих однакової освітленості.

Після вибору висоти розташування прожекторів та оптимальної вісі нахилу прожектора приступають до розміщення прожекторів. Вибір місця розташування прожекторних мачт починається з вибору положення однієї з них, яке визначається наявністю можливого місця встановлення мачти з урахуванням розташування промислових об'єктів, бажаних напрямів прожекторних променів на освітлювану територію, які виключають появу тіней та зменшують осліплюючу дію прожекторів.

Потім вибирають напрям оптичної вісі для одного із прожекторів на мачті, так щоб одержати найбільш сприятливу площу освітлення з заданим значенням освітленості. Для визначення напрямку оптичних вісей інших прожекторів можна використати криві рівних значень освітленості для заданого типу прожекторів та вибраних висоти встановлення прожектора і кута нахилу прожектора. Для спрощення цього завдання користуються шаблонами, контур яких обмежений кривою розрахункової освітленості і виконаний в масштабі рівному масштабу освітлюваної території. Накладаючи такі шаблони на план освітлюваної поверхні так, щоб точка, що відповідає

основі мачти на шаблоні, співпадала з проекцією мачти на освітлюваній території, проводять їх komponування з таким розрахунком, щоб не залишалось просвітів між шаблонами і не виникало лишніх накладок їх одного

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

на другій. Напрям оптичних вісей прожекторів, знайдених таким чином та кути нахилу фіксуються на плані території, що освітлюється. Аналогічно вирішується питання розміщення прожекторів інших мачт.

Освітлення ділянки підстанції (Точковий метод)

Точковий метод використовують при розрахунку освітлення приміщень, заставлених устаткуванням, які мають місця затемнення для перевірки освітленості окремих ділянок великих приміщень, при розрахунку зовнішнього освітлення на мінімальну освітленість, а також для розрахунку освітлення доріг, конвеєрів, спусків, галерей охоронного освітлення. Перед виконанням розрахунку визначають варіант розміщення світильників, вибирають їх тип і потужність ламп. Для зовнішнього освітлення світильники вибираються з розрахунку обмеження сліпучої дії світла і висоти

опор 6...10 м. Потім обчислюють освітленість у контрольних точках, які характеризуються мінімальною освітленістю.. Принцип розрахунку освітленості в контрольній точці (з мінімальною освітленістю) наведено на рисунку 2.3. Освітленість площини в точці:

Горизонтальної:

$$E_{\Gamma} = \frac{c \cdot I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{k_3 \cdot h^2};$$

Вертикальної:

$$E_{\theta} = E_{\Gamma} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

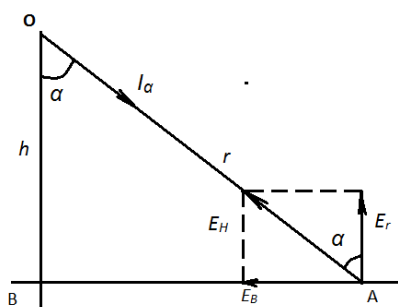


Рисунок -2.2 Освітлення ділянки

Сила світла I_{α} береться за кривою розподілу його для вибраного типу світильника з умовною лампою, світловий потік якої. $F_a = 1000$ лм. У розрахункову формулу введено коефіцієнт $C = F_a/1000$ що враховує

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

значення світлового потоку вибраної лампи.

Коефіцієнт запасу K_3 для зовнішнього освітлення $K_3 = 1,3...1,5$; при газорозрядних лампах для приміщень $K_3 = 1,5...2$; для зовнішнього освітлення $K_3 = 1,5$.

Освітлення приміщення насосної станції (Метод питомої потужності).

Вихідні дані приміщення : $L = 12$ м, $B = 6$ м, $\omega = 5$.

$$P_{\text{осв}} = L * B * \omega = 12 * 6 * 5 = 360 \text{ Вт}$$

Обираємо світильник типу СЗВ-60. Номінальні дані світильника:

$$P_{\text{н}} = 360 \text{ Вт}$$

$$N_{\text{св}} = P_{\text{осв}} / P_{\text{н}} = 360 / 6 = 6 \text{ штук}$$

$$l = L_{\text{л}} / (N_{\text{св}} + 1) = 12 / (6 + 1) = 1,71 \text{ м}$$

Освітлення кар'єру (Прожекторне освітлення).

Вихідні дані приміщення : $A = 300$ м, $B = 1000$ м, $E_{\text{мін}} = 0,2$ лк .

Обираємо прожектор типу ОУКСН-20000 . Номінальні дані прожектора:

$$\Phi_{\text{н}} = 694 * 10^3 \text{ Лм} , z = 1,3 , K_{\text{вт}} = 1,5 , K_z = 1,2.$$

$$\Phi_{\text{сум}} = A * B * E_{\text{мін}} * z * K_{\text{вт}} * K_z = 300 * 1000 * 0,2 * 1,3 * 1,5 * 1,2 = 140400 \text{ лм}$$

$$N = \Phi_{\text{н}} / \Phi_{\text{сум}} \approx 5$$

$$h \geq \sqrt{\frac{Imax}{300}} = \sqrt{\frac{650 * 1000}{300}} = 47 \text{ м}$$

Освітлення ділянки підстанції (Точковий метод).

Вихідні дані приміщення : $L = 50$ м, $h = 1,1$ м , $E_{\text{мін}} = 10$ лк .

Обираємо світильник типу РВЛ 40 . Номінальні дані світильника:

$$\Phi_{\text{н}} = 2480 \text{ Лм}$$

$$E = \frac{C * I_{\alpha} * \cos 3\alpha}{k_{\text{зап}} * h^2} = \frac{2,48 * 63 * 0,743^3}{1,5 * 1,1^2} = 38,8 \text{ лк}$$

($C = \Phi_{\text{н}} / 1000 = 2,48$. На основі типу приміщення і світильника $l = 2$ м).

$\text{tg} \alpha = 40^\circ$, звідси за таблицею $\cos \alpha = 0,743^\circ$, $k_{\text{зап}} = 1,5$.

$E = 38,8 \text{ лк} > E_{\text{мін}} = 10 \text{ лк}$, умова виконується.

$$N_{\text{св}} = (L - l) / l = (50 - 2) / 2 = 24 \text{ штук}$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

2.2 Розрахунок електричних навантажень

Розрахункове навантаження групи однорідних за режимами споживачів, які об'єднані єдиним технологічним процесом та територією розташування визначається за співвідношеннями:

- активна потужність:

$$P_{pi} = K_{Pi} \cdot \sum_{i=1}^n P_{Hi}, \text{ кВт}$$

$$Q_{pi} = P_{Pi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_p, \text{ кВар}$$

- повна потужність:

$$S_i = \sqrt{(P_{Pi})^2 + (Q_{Pi})^2}, \text{ кВА}$$

де P_P , Q_P , S_P — відповідно активна, реактивна складові та повна розрахункова потужність; K_{Pi} - коефіцієнт попиту; P_n - номінальна потужність електроприймача, кВт; n - кількість електроприймачів; $\operatorname{tg} \varphi_p$ — відповідає розрахунковому значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_p$.

Розглянемо приклад розрахунку споживача ЕКГ-5. Інші споживачі розрахуємо аналогічно та занесемо дані в таблицю 2.3.

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_{\text{ном}} = 0,8 \cdot 250 = 200 \text{ кВт} \quad \operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \varphi}{\cos \varphi}} = 0,455$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 200 \cdot 0,455 = 91 \text{ кВар} \quad S_{\Sigma} =$$

$$\sqrt{(\sum P_p)^2 + (\sum Q_p)^2}$$

$$S_p = \sqrt{(P_p)^2 + (Q_p)^2} = 219,72 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = 219,72 / (\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,91) = 23,23 \text{ А}$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 2.3 –

Дані електричних навантажень

№	Назва	$P_{\text{ном}}$ (кВт)	$K_{\text{п}}$	$\cos \varphi$	$P_{\text{р}}$ (кВт)	$Q_{\text{р}}$ (кВар)	$S_{\text{р}}$ (кВА)	$I_{\text{р}}$ (А)
1	ЕКГ-5	250	0,8	0,91	200	91	219,72	23,23
2	ЕКГ-5	250	0,8	0,91	200	91	219,72	23,23
3	ЕКГ-5	250	0,8	0,91	200	91	219,72	23,23
4	4СБШ-200	380	0,75	0,8	285	205,2	351,18	42,24
5.	СБУ-100Г	375	0,75	0,8	300	216	369,67	44,46
6.	ЕО-2503	155	0,8	0,85	131,75	79,05	153,64	17,39
Σ					1316,7	773,25	1526,9	
7	ЕКГ-5	250	0,8	0,91	200	91	219,72	23,23
8	ЕКГ-5	250	0,8	0,91	200	91	219,72	23,23
9	СБШ-320	712	0,7	0,7	498,4	498,4	704,84	96,98
10	2СБШ-200	320	0,7	0,7	285	205,2	351,18	42,24
11	Водовідлив	135	0,73	0,91	98,55	68,95	120,27	89,69
12	Насосна	50	0,75	0,9	37,5	26,25	45,77	76,82
Σ					1319,45	1018,6	1667,88	

Таблиця 2.4 –

Дані по вибору трансформаторів

№	Споживач	$S_{\text{р}}$ (кВА)	$S_{\text{н}}$ $S_{\text{р}}$ (кВА)	Тип трансформатора
1	Підстанція №1	1526,9	1600	ТМ-1600/6
2	Підстанція №2	1667,88	2500	ТМ-2500/6
3	4СБШ-200	351,18	400	ТМ-400/6
4	СБУ-100Г	369,67	400	ТМ-400/6
5	ЕО-2503	153,64	160	ТМ-160/6
6	СБШ-320	704,84	1000	ТМ-1000/6
7	2СБШ-200	351,18	400	ТМ-400/6
8	Водовідлив	120,27	160	ТМ-160/6

2.3 Розрахунок електричних мереж

Розрахунок електричної мережі підприємства полягає в аналітичному визначенні та виборі такого перерізу провідників повітряних ліній (ПЛ) і жил

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

кабельних ліній (КЛ), що задовольняли б критеріям:

- за економічною густиною струму;
- за допустимими втратами напруги;
- за механічною міцністю.

За результатами розрахунків приймається найбільше значення стандартного перерізу, як таке, що задовольняє вище означеним критеріям.

Розрахунок електричної мережі за нагрівом, розрахунковим струмом в тривалому режимі

Вибір перерізу проводів повітряних ліній та жил кабелів за нагрівом розрахунковим (робочим) струмом в нормальному тривалому режимі роботи полягає в порівнянні розрахункового струму і-ї лінії з допустимим струмом, для якого ПВЕ рекомендує стандартні значення перерізів проводів ПЛ та жил кабелів, за умови:

$$I_p \leq I_{\text{доп}},$$

де I_p - розрахунковий (або робочий) струм і-ї лінії, А; $I_{\text{доп}}$ - тривало-допустимі струми для стандартного ряду перерізів провідника ліній.

В розрахунках провідників за нагрівом приймають найближче більше значення перерізу. Якщо очікувані температурні умови експлуатації ліній не означені, приймаються нормальні стандартні умови.

Результати розрахунків зведено до таблиці 4.6.

Розрахункові струми:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}, \text{А}$$

Вибір перерізу кабелю за умовою механічної міцності

В практиці проектування електропостачання промислових підприємств переріз проводів ПЛ вибирають за даними мінімально допустимих перерізів за механічною міцністю згідно ПУЕ в залежності від типу ліній та напруги. На даному етапі розрахунку електричної мережі перерізу провідників ліній, що отримані за нагрівом, економічною густиною струму та за механічною міцністю, зводять в порівняльну таблицю.

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Для найбільшого стандартного значення перерізу виконано перевірку за допустимою втратою напруги в кожній лінії. Результати розрахунків зведено до таблиці. 2.5

Розрахунок електричної мережі за допустимими втратами напруги

Розрахунок електричної мережі за допустимим втратами напруги полягає в перевірці найбільшого перерізу отриманого в результаті розрахунків за означеними вище умовами.

В загальному випадку допустима втрата напруги продиктована допустимими відхиленнями напруги ($\pm 5\%$) і по абсолютній величині дорівнює 10%.

В конкретному випадку лінії живляться від РП ГПП, що обладнана трансформаторами з РПН. Похибку автоматичного регулювання напруги приймаємо $\pm 1.25\%$, що за абсолютною величиною складає 2.5%. Таким чином, при автоматичному регулюванні напруги на ГПП, втрати напруги в трансформаторі будуть компенсуватися регулятором, а втрати напруги в будь-якій лінії не повинні перевищувати:

$$|\Delta u_{\text{доп}\%}| = 10\% - 2,5\% = 7,5\% .$$

Розрахункова втрата напруги в і-тій лінії:

$$\Delta u_{Pi\%} = \frac{P_{Pi} \cdot R_{Li} + Q_{Pi} \cdot X_{Li}}{10U_{\text{НОМ}}^2},$$

де P_{Pi} та Q_{Pi} – розрахункові значення активної та реактивної потужності і-тої лінії, кВт; $R_{Pi}=r_0L_i$, $X_{Pi}=x_0L_i$ - активний та реактивний опори ліній, Ом; L_i – довжина лінії, м; $x_0=0,4$ Ом/км – реактивний опір ПЛ, $U>1$ кВ довжиною 1 км; $x_0=0,08$ Ом/км – реактивний опір КЛ, $U>1$ кВ довжиною 1 км; r_0 - активний опір лінії довжиною 1000 м, $r_0=1000/(\gamma S)$; S – переріз проводу ПЛ або жили КЛ, мм²; γ - питомий опір матеріалу провідника : для алюмінію $\gamma=32$ м/(Ом*м²),

для міді $\gamma=55$ м/(Ом*м²).

Якщо розрахункові втрати напруги у будь-якій лінії перевищують допустиму, то потрібно збільшити переріз провідників лінії, або передбачити

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

про-кладку двох паралельних ліній. Результати розрахунків зведено до таблиці.

Розрахунок електричної мережі за економічною густиною струму

Вибір економічно доцільного перерізу провідників КЛ і ПЛ, що рекомендують ПВЕ, виконують за економічною густиною струму в залежності від матеріалу провідника та кількості годин використання максимуму навантаження, а для кабелів, крім того, і від матеріалу ізоляції.

Величина економічного перерізу визначається розрахунковим струмом і-ї лінії та економічною густиною струму і приймається з таблиць Д5.1 та Д5.2 за умови

$$S_{\text{АЕ}} = I_p / j_{\text{АЕ}}, \text{ мм}^2$$

де I_p - розрахунковий струм,

$A; j_{\text{ЕК}}$ - економічна густина струму, А/мм^2

Розрахунок дільничної мережі за втратою напруги

Вибрані кабелі дільничної мережі перевіряють за допустимими втратами напруги, які від трансформатора до найбільш віддаленого електроспоживача приймаються

$$\Delta U_{\text{д}} = U_0 - 0.95 \cdot U_H$$

де: U_0, U_H - відповідно напруги холостого ходу трансформатора (133, 231, 400, 695, 1200 В) та номінальна мережі (127, 220, 380, 660, 1140 В). При цьому допустима втрата напруги $\Delta U_{\text{д}}$ при нормальному режимі роботи не повинна перевищувати при напрузі 380 В - 39 В; 660 В - 63 В; 1140 В - 117 В, а при використанні мінусових затискачів трансформатора відповідно 59, 98 та 177 В.

Сумарні втрати напруги а мережі яв повинні перевищувати допустимих значень

$$\Delta U_M = \Delta U_T + \Delta U_{\text{м.к.}} + \Delta U_{\text{з.к.}} \leq \Delta U_{\text{д}}$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

де: ΔU_T , $\Delta U_{м.к.}$, $\Delta U_{з.к.}$ - втрати напруги відповідно в трансформаторі, магістральному та гнучкому кабелях, В.

Втрати напруги в трансформаторі, %,

$$\Delta U_T = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi_T + U_p \cdot \sin \varphi_T)$$

де: $\beta = S_{P.T.} / S_{H.T.}$ - коефіцієнт навантаження трансформатора, $S_{P.T.}$, $S_{H.T.}$ - відповідно розрахункове та номінальне навантаження трансформатора, $\cos \varphi_T$ - коефіцієнт потужності трансформатора, $\sin \varphi_T = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_T}$; U_a , U_p відносні величини відповідно активної та реактивної складової напруги короткого замикання трансформатора, %,

$$\Delta U_a = \frac{\Delta P_K}{10 \cdot S_{H.T.}},$$

$$\Delta U_p = \sqrt{U_K^2 + U_a^2},$$

де: ΔP_K - втрати короткого замикання в трансформаторі, Вт; U_K - напруга короткого замикання трансформатора, %.

Втрата напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_T = \Delta U_{T\%} \cdot K_0 \cdot U_0 / 100$$

де: K_0 - коефіцієнт зміни напруги в трансформаторі, що дорівнює 0,95, 1,0 та 1,05 при відпайках відповідно +5%, 0 та -5%.

Після розрахунку втрат напруги в трансформаторі обчислюють втрати напруги в гнучкому кабелі, який мав максимальним момент на вантаження.

$$\Delta U_{з.к.} = \sqrt{3} \cdot I_H \cdot L_{з.к.} \cdot K_K \cdot \cos \varphi_H / \gamma \cdot F_{з.к.}$$

де: $K_K = 1 + x \cdot \sin \varphi_H / z \cdot \cos \varphi_H$ - коефіцієнт, що враховує відносне значення індуктивного опору кабелю.

Без урахування Індуктивного опору кабелю ($K_K = 1$), втрати напруги в гнучкому кабелі

$$\Delta U_{з.к.} = \frac{P_H \cdot L_{з.к.} \cdot 10^3}{F_{з.к.} \cdot U_H \cdot \eta_H}$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

де: I_H , P_H , η_H , $\cos\varphi_H$ - номінальні значення струму, потужності, ККД та коефіцієнта потужності двигуна, $L_{з.к.} = 1.05 \cdot (L_n + l_H)$ - довжина гнучкого кабелю, м, 1,05 - коефіцієнт, що враховує провисання кабелю, L_n - довжина лави, м, l_H - крок переміщення розподільного пункту, що дорівнює 30...70 м.

Гранично допустимі втрати напруги в магістральному кабелі

$$\Delta U_{М.К.} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_T - \Delta U_{з.к.}$$

Розглянемо приклад розрахунку параметрів повітряної лінії ЛЗ, напругою 6 кВ. Інші розрахуємо аналогічно та занесемо дані в таблицю.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{ном}}, A = 23,23 A.$$

Вибираємо провід марки А-16 ($I_{доп}=105 A$) та порівнюємо:

$$I_p \leq I_{доп}$$

Перевірка за економічною густиною струму:

$$S_{je} = I_p / j_{ЕК} = 23,23/1 = 23,23 \text{ мм}^2$$

Перевірка за втратами напруги:

$$\Delta u_{Pi\%} = \frac{P_{Pi} \cdot R_{Li} + Q_{Pi} \cdot X_{Li}}{10U_{ном}^2} = 0,75 \%$$

(де $r_0=1000/(\gamma S) = 1000/(32 \cdot 16) = 1,95 \text{ Ом}$; $x_0=0,4 \text{ Ом/км}$; $R_{Pi}=r_0 L_i$, $X_{Pi}=x_0 L_i$)

2.4 Розрахунок струмів КЗ

Коротке замикання (КЗ) – це ненавмисне електричне з'єднання струмоведучих частин $2^x \div 3^x$ фаз або однієї фази з землею у разі заземленої нейтралі, внаслідок аварійної ситуації в системі електропостачання (механічне ушкодження, електричний пробій ізоляції і таке ін.). При КЗ опір ланцюга від джерела живлення до точки з'єднання струмоведучих частин різко падає, струми в електричних апаратах та лініях даного ланцюга зростають до небезпечних величин, оскільки перевищують струми нормального режиму навантаження в десятки разів. Для того, щоб уникнути пошкодження елементів ланцюга схеми за час його вимкнення

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

вимикачем під дією релейного захисту (долі секунди), потрібно розрахувати очікувані параметри КЗ (струми, потужності), щоб правильно вибрати апарати за термічною і електродинамічною стійкістю до струмів КЗ.

Таблиця 2.5 - Розрахунок параметрів кабелю та повітряних ліній
напругою 6 кВ.

№ лінії	Тип лінії	Довжина L , м	S_p , кВА	I_p , А	S , мм ²	$I_{доп}$, А	j_e , А/мм	S_{je} , мм ²	r_0 , Ом	X_0 , Ом	ΔU %
L1	(ПЛ)	140	1526,9	146,92	A-35	170	1	146,9 2	0,86	0,4	5,6
L2	(ПЛ)	140	2293,85	220,7	A-70	265	1	220,7	0,4	0,4	4,95
L3	(ПЛ)	170	219,72	23,23	A-16	105	1	23,23	1,95	0,4	2,01
L4	(ПЛ)	180	219,72	23,23	A-16	105	1	23,23	1,95	0,4	2,13
L5	(ПЛ)	64	351,18	42,24	A-16	105	1	42,24	1,95	0,4	1,13
L6	(ПЛ)	36	219,72	23,23	A-16	105	1	23,23	1,95	0,4	0,75
L7	(ПЛ)	36	369,67	44,46	A-16	105	1	44,46	1,95	0,4	0,67
L8	(ПЛ)	36	153,64	17,39	A-16	105	1	17,39	1,95	0,4	0,28
L9	(ПЛ)	100	704,84	96,98	A-16	105	1	96,98	1,95	0,4	3,25
L10	(ПЛ)	80	219,72	23,23	A-16	105	1	23,23	1,95	0,4	0,94
L11	(ПЛ)	70	351,18	42,24	A-16	105	1	42,24	1,95	0,4	1,24
L12	(ПЛ)	40	219,72	23,23	A-16	105	1	23,23	1,95	0,4	0,47
L13	(ПЛ)	80	249	89,69	A-16	105	1	26,33	1,95	0,4	1,07
L14	(ПЛ)	40	549,39	76,82	A-16	105	1	63,55	1,95	0,4	1,28
L15	(КЛ)	30	219,72	23,23	3 x 16+1 x 10	80	3,1	7,49	1,13	0,08	0,19
L16	(КЛ)	30	219,72	23,23	3 x 16+1 x 10	80	3,1	7,49	1,13	0,08	0,19
L18	(КЛ)	30	219,72	23,23	3 x 16+1 x 10	80	3,1	7,49	1,13	0,08	0,19
L22	(КЛ)	30	219,72	23,23	3 x 16+1 x 10	80	3,1	7,49	1,13	0,08	0,19
L24	(КЛ)	30	219,72	23,23	3 x 16+1 x 10	80	3,1	7,49	1,13	0,08	0,19

Таблиця 2.6 - Розрахунок параметрів кабелю напругою 0,4 кВ

№ лінії	Тип лінії	Довжина L , м	S_p , кВА	I_p , А	S , мм ²	$I_{доп}$, А	j_e , А/мм	S_{je} , мм ²	r_0 , Ом	X_0 , Ом	ΔU В
L17	(КБ)	30	351,18	42,24	3 x 16+1 x 10	80	3,1	13,62	0,86	0,08	1,3
L19	(КБ)	30	369,67	44,46	3 x 16+1 x 10	80	3,1	14,34	0,86	0,08	1,34
L20	(КБ)	30	153,64	17,39	3 x 16+1 x 10	80	3,1	5,6	0,86	0,08	0,76
L21	(КБ)	30	704,84	96,98	3 x 25+1 x 10	105	3,1	31,28	0,56	0,08	3,23
L23	(КБ)	30	351,18	42,24	3 x 16+1 x 10	80	3,1	13,62	0,86	0,08	1,3
L25	(КБ)	30	249	26,33	3 x 16+1 x 10	80	3,1	8,49	0,86	0,08	0,92

.Струми КЗ залежать не тільки від потужності енергосистеми (джерела живлення), а й від еквівалентного внутрішнього опору джерела та опору ланцюга до точки КЗ, величини яких більшістю представлені у відносних одиницях. З цієї причини розрахунок струмів КЗ виконують у відносних базисних одиницях ($z_{б*}$), тобто в одиницях, приведених до довільно прийнятої базисної потужності $S_{б}$, кратної десяти (10; 100; 1000 МВА). За базисні напруги $U_{бi}$, приймаємо $U_{б1} = 38,5 \text{ кВ}$, $U_{б2} = 10,5 \text{ кВ}$, $U_{б3} = 6,3 \text{ кВ}$, $U_{б4} = 0,4 \text{ кВ}$. За базисну потужність приймаємо $S_{б} = 500 \text{ МВА}$. Базисні (умовні) струми на i -му ступені напруги визначаємо за співвідношенням

$$I_{бi} = S_{б} / (\sqrt{3} \cdot U_{бi}), \text{ кА}$$

За базисними величинами струму КЗ i -го ступеню напруги та сумарним опором у відносних базисних одиницях (в.б.о.) до точки КЗ визначають параметри короткого замикання:

а) діюче значення струму трифазного КЗ для i -ої точки ланцюга

$$I_{К}^{(3)} = I_{бi} / z_{бi\Sigma}, \text{ кА};$$

в) струм двофазного короткого замикання

$$I_{Ки}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{Ки}^{(3)}, \text{ кА};$$

г) миттєве значення ударного струму КЗ через напівперіода (0.01с) після виникнення КЗ

$$i_{уКи} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{Ки}^{(3)}, \text{ кА},$$

де k_y - ударний коефіцієнт, що вибирається за кривою залежності $k_y = f(x/r)$; для мереж високої напруги приймають $k_y = 1.8$;

д) діюче значення повного струму КЗ

$$I_{уКи} = I_{Ки}^{(3)} \cdot \sqrt{1 + 2(k_y - 1)^2} = I_{Ки}^{(3)} \cdot q, \text{ кА},$$

$$\text{де } q = \sqrt{1 + 2(k_y - 1)^2}.$$

Значення k_y та q приймають: $k_y = 1.8$; $q = 1.52$ для мережі 6÷10 кВ.

Слід зауважити, що звичайно розрахунки КЗ виконують для найбільш несприятливих очікуваних умов. Отже, допускаючи, що потужність енергосистеми необмежена, а напруга в мережі при КЗ залишається

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

незмінною, то діючі значення надперехідного струму КЗ (I'), усталеного (I_∞) та струму трифазного КЗ $I_K^{(3)}$ можна вважати рівними між собою: $I' = I_\infty = I_K^{(3)}$.

Для того, щоб остаточно закінчити розрахунки параметрів КЗ потрібно скласти схему заміщення розрахункової однолінійної схеми електропостачання та визначити опір елементів схеми у відносних базових одиницях. Формули приведення параметрів елементів розрахункової схеми до параметрів у в.б.о.. Опір системи $x_{BC} = S_B / S_K = 1 \text{ Ом}$.

1. Задаємо базисну потужність : $S_6 = 100 \text{ МВА}$.

2. Розрахуємо базисні напруги :

$$1) \quad U_{610} = 1,05 * U_{\text{НОМ}} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$2) \quad U_{66} = 1,05 * U_{\text{НОМ}} = 6,3 \text{ кВ}$$

$$3) \quad U_{60,38} = 1,05 * U_{\text{НОМ}} = 0,399 \text{ кВ}$$

3. Знайдемо базисні струми :

$$I_{6i} = S_6 / (\sqrt{3} \cdot U_{6i}), \text{ кА}$$

$$1) \quad I_{61} = 5,77 \text{ кА}$$

$$2) \quad I_{62} = 9,164 \text{ кА}$$

$$3) \quad I_{63} = 144,7 \text{ кА}$$

Розрахункова схема та схема заміщення

Розрахункову схему складають в однолінійному зображенні на базі вихідної. До її складу входять: джерела живлення, трансформатори лінії, реактори та електродвигуни, як такі, що додатково можуть підживлювати точку КЗ. На розрахунковій схемі показують основні параметри елементів схеми: потужність S та напругу КЗ $u_{R\%}$ трансформаторів; довжини та перерізи ліній; параметр завдання системи ($S_{\text{НОМ.С.}}$; x_C ; S_K ; $I_{\text{ВИМ}}$ або $I_K^{(3)}$); характерні точки схеми, для яких потрібно виконати розрахунки параметрів КЗ.

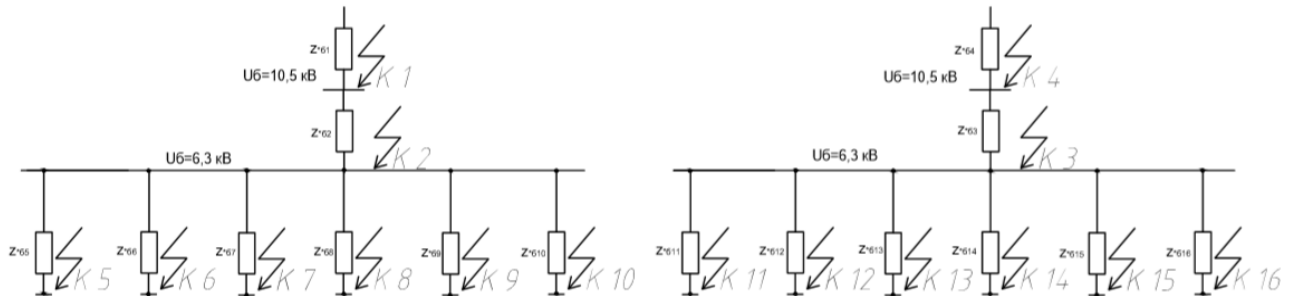
За розрахунковою схемою складають схему заміщення, де всі її елементи заміняють опорами у в.б.о.. Далі, у разі необхідності, спрощують схему шляхом заміни послідовних, паралельних та інших з'єднань опорів еквівалентними. Наприклад, еквівалентний опір послідовно з'єднаних

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

елементів у в.б.о. виконуються таким же чином, як і з опорами в абсолютних величинах:

$$x_{\sigma*\Sigma} = \sum x_{\sigma*i} \quad r_{\sigma*\Sigma} = \sum r_{\sigma*i} \quad z_{\sigma*\Sigma} = \sum z_{\sigma*i} \quad z_{d*\Sigma} = \sqrt{x_{d*\Sigma}^2 + r_{d*\Sigma}^2}$$

Розрахункова схема заміщення:



Знайдемо опори точок і параметри КЗ:

Розглянемо приклад розрахунку параметрів КЗ точки К1. Інші розрахуємо аналогічно та занесемо дані в таблицю 2.7.

К1: $z_{\sigma 61} = x_{\sigma \text{ баз. сист.}}$ $z_{\sigma 61} = S_{\sigma} / S_K^{(3)} = 1 \text{ баз. од.}$; $I_{K1}^{(3)} = I_{\sigma 61} / z_{\sigma 61} = 5,77 \text{ кА}$

$$I_{1\text{уд.}} = \sqrt{2} * K_y * I_{K1}^{(3)} = 12,4 \text{ кА}; I_{K1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} * I_{K1}^{(3)} = 4,99 \text{ кА}; \quad I_{1\text{д.}} = q *$$

$$I_{K1}^{(3)} = 8,77 \text{ кА}; S_K^{(3)} = \sqrt{3} * I_{K1}^{(3)} * U_{\sigma} = 100 \text{ МВА}$$

2.5 Вибір електричних апаратів

Вибір електричних апаратів виконують згідно зі схемою розподілу електричної енергії на території підприємства.

Загальними умовами вибору електричних апаратів є:

1. Номінальна напруга апарата має бути рівною або більшою за напругу мережі:

$$U_{\text{ном. ап.}} \geq U_{\text{м.}}$$

2. Номінальний струм апарата має бути рівним або більшим за робочий чи розрахунковий струм:

$$I_{\text{ном. ап.}} \geq I_p,$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

де $I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$ - розрахунковий струм навантаження групи споживачів.

3. Миттєве значення струму динамічної стійкості апарата має бути рівним або більшим за миттєве значення ударного струму КЗ для точки схеми, де апарат встановлюється:

$$i_{д.с.} \geq i_y$$

4. Добуток квадрата струму термічної стійкості апарата та його часу дії має бути рівним або більшим за добуток квадрата діючого значення усталеного струму КЗ на приведений час дії КЗ:

$$I_{т.с.}^2 \cdot t_{т.с.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{пр}$$

Результати вибору електричних апаратів представимо в таблиці 2.8.

Таблиця 2.7 - Параметри КЗ

Точка КЗ k_i	Опір до точки k_i			$U_{бi},$ кВ	$I_{бi},$ кА	$I_k^{(3)},$ кА	$S_k^{(3)},$ МВА	$I_k^{(2)},$ кА	$i_y,$ кА	$I_y,$ кА
	$X_{б*\Sigma}$	$r_{б*\Sigma}$	$Z_{б*\Sigma}$							
K1	1		1	10,5	5,77	5,77	100	4,99	12,4	8,77
K2	3,43		4,43	6,3	9,164	2,068	22,56	1,79	7,36	3,14
K3	1,2		2,2	6,3	9,164	4,165	45,44	3,6	14,84	6,33
K4	1		1	10,5	5,77	5,77	100	4,99	12,4	8,77
K5	4,8	1,51	5,031	6,3	9,164	1,821	19,87	1,57	6,48	2,76
K6	4,812	2,13	5,26	6,3	9,164	1,74	18,98	1,5	6,49	2,64
K8	4,614	0,57	4,64	6,3	9,164	1,975	21,55	1,7	7,03	3
K12	4,711	1,54	4,95	6,3	9,164	1,851	20,19	1,6	6,59	2,81
K14	4,672	1,445	4,89	6,3	9,164	1,87	20,4	1,61	6,66	2,84
K7	1,517	2,11	2,59	0,4	144,7	55,86	38,7	48,3	199	84,9
K9	1,517	2,11	2,59	0,4	144,7	55,86	38,7	48,3	199	84,9
K10	1,542	2,11	2,61	0,4	144,7	55,44	38,4	48,01	197	84,26
K11	1,517	2,11	2,59	0,4	144,7	55,86	38,7	48,3	199	84,9
K13	1,517	2,11	2,59	0,4	144,7	55,86	38,7	48,3	199	84,9
K15	1,576	2,11	2,61	0,4	144,7	55,44	38,4	48,01	197	84,26
K16	1,546	2,11	2,61	0,4	144,7	55,44	38,4	48,01	197	84,2

2.6 Розрахунок техніко-економічних показників.

1.Розрахунковий струму замикання на землю:

$$I_{p.з.}=(U_n(35 \cdot l_k + l_b))/350, \text{ (A)}$$

де $l_K; l_B$ - загальна довжина електрично зв'язаних між собою кабельних

та повітряних мереж, км;

$$l_K=1,077 \text{ км}, l_B=0,75 \text{ км}.$$

$$I_{p.з.}=(6000 \cdot (35 \cdot 1,077 + 0,75))/350=659 \text{ A}$$

2.Опір розрахункового заземлення:

$$R_z = U_{розр}/(I_{p.з.}) = 125/659 = 0,18 \text{ Ом}$$

де $U_{розр}=125 \text{ В};$

3.Опір центрального заземлюючого контуру:

$$R_{зк} = K_z - r_{np} - r_{зк} = 4 - 1 - 0,2 = 2,8 \text{ Ом},$$

де $r_{np}=1,0 \text{ Ом}$ - опір магістрального заземлюючого проводу;

$r_{зк}=0,2 \text{ Ом}$ - опір заземлюючої жили гнучкого кабелю;

4.Опір струму розтікання одного трубчатого заземлювача:

$$R_{mp} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{20000}{2\pi \cdot 40} \left(\ln \frac{2 \cdot 40}{5} + \ln \frac{4 \cdot 70 + 40}{4 \cdot 70 - 40} \right) = 82,4 \text{ Ом},$$

де $\rho=20000 \text{ Ом/см}$ - опір ґрунту;

$l=40 \text{ м}$ – довжина труби;

$$t = h + 0,5l;$$

де $h=0,5 \text{ м}$ - відстань від поверхні землі до верхньої кромки заземлювача;

$l=5 \text{ см}$ - діаметр заземлювача;

$$t = 50 + 0,5 \cdot 40 = 70 \text{ см};$$

де t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача.

5.Необхідна кількість заземлювачів:

$$n = \frac{R_{mp}}{R_{зк} \cdot \eta_e} = \frac{82,4}{2,8 \cdot 0,75} = 40 \text{ шт},$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

де $\eta_a=0,75$ — коефіцієнт екранування, враховуючий взаємну дію електродів.

6. Довжина смуги, що з'єднує електроди:

$$L_n = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 0,8 \cdot 40 = 33,6 \text{ м}$$

де $a = 2 \cdot l = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ м}$ - відстань між електродами.

7. Загальний опір заземлюючого контуру:

$$R_{зк} = \frac{1}{\frac{\eta_{ec}}{R_{cnp}} + \frac{n \cdot \eta_e}{R_{mp}}} = \frac{1}{\frac{40 \cdot 0,75}{82,4}} = 2,747 \text{ Ом}$$

2.7 Визначення річних втрат електроенергії

Річні витрати активної W_P та реактивної V_P - електроенергії за півгодинним максимальним навантаженням T_M , тобто за розрахунковими значеннями P_P та Q_P групи електроспоживачів і річній кількості годин використання максимуму навантаження T_M , можуть бути знайдені за формулами:

$$W_P = P_P \cdot T_M; V_P = Q_P \cdot T_M$$

При трьох робочих змінах для вугільних вахт з пологим заляганням пластів $T_M = 4000...4700$ год., а крутим заляганням пластів $T_M = 4200...4800$ год. Річні втрати активної ΔW_P , та реактивної ΔV_P енергії у трансформаторі обчислюються за формулами

$$\Delta W_{TP} = \Delta P_X \cdot Y_P + \beta^2 \cdot \Delta P_K \cdot \tau;$$

$$\Delta V_{TP} = \Delta Q_X \cdot T_P + \beta^2 \cdot \Delta Q_K \cdot \tau;$$

$$\Delta Q_K = (I_K \%) \cdot S_{H.T.} / 100;$$

$$\Delta Q_K = (U_K \%) \cdot S_{H.T.} / 100$$

де: ΔP_X , $I_X \%$ - втрати потужності та струм холостого ходу трансформатора згідно з каталогом; ΔP_K , $U_K \%$ - витрати потужності та напруги короткого замикання трансформатора згідно з каталогом; β - коефіцієнт навантаження трансформатора; τ - час максимальних втрат (годин), який приблизно можна знайти із співвідношення

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$\tau = (0.124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760.$$

Витрати активної ΔW_L реактивної ΔV_L енергії в лініях

$$\Delta W_L = 3 \cdot I_{p.l.}^2 \cdot R_L \cdot \tau \cdot 10^{-3};$$

$$\Delta V_L = 2 \cdot I_{p.l.}^2 \cdot X_L \cdot \tau \cdot 10^{-3}$$

де: $I_{p.l.}$, R_L , X_L - розрахунковий струм, активний і реактивний опір лінії.

Розглянемо приклад розрахунку річних втрат енергії у трансформаторі ТМ-1600/10. Інші розрахуємо аналогічно та занесемо дані в таблицю.

$$W_P = P_P \cdot T_M = 1316,7 \cdot 4200 = 5530140 \text{ кВт*год}$$

$$V_P = Q_P \cdot T_M = 773,25 \cdot 4200 = 3247650 \text{ кВт*год}$$

$$\Delta W_{TP} = \Delta P_X \cdot Y_P + \beta^2 \cdot \Delta P_K \cdot \tau = 3,7 \cdot 3,4 + 0,75^2 \cdot 18 \cdot 2592,4 = 26254,034 \text{ кВт*год}$$

$$(\tau = (0.124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2592,4, \text{ де } T_M = 4200 \text{ год})$$

$$\Delta V_{TP} = \Delta Q_X \cdot T_P + \beta^2 \cdot \Delta Q_K \cdot \tau = 54,4 + 0,75^2 \cdot 88 \cdot 2592,4 = 1299629 \text{ кВар*год}$$

$$(\Delta Q_K = (I_K \%) \cdot S_{H.T.} / 100 = 3,4 \cdot 1600 / 100 = 54,4 \text{ кВар})$$

$$(\Delta Q_K = (U_K \%) \cdot S_{H.T.} / 100 = 5,5 \cdot 1600 / 100 = 88 \text{ кВар})$$

$$\Delta W_L = 3 \cdot I_{p.l.}^2 \cdot R_L \cdot \tau \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 146,92^2 \cdot 0,86 \cdot 2592,4 \cdot 10^{-3} = 144372,19 \text{ кВт*год}$$

$$\Delta V_L = 2 \cdot I_{p.l.}^2 \cdot X_L \cdot \tau \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 146,92^2 \cdot 0,4 \cdot 2592,4 \cdot 10^{-3} = 67149,85 \text{ кВт*вар}$$

Таблиця 2.9 – Річні втрати електроенергії

Трансформ.	Річні витрати й витрати електроенергії					
	W_P кВт·год	V_P кВар·год	ΔW_{TP} кВт·год	ΔV_{TP} кВар·год	ΔW_L кВт·год	ΔV_L кВар·год
ТМ-1600/6	5530140	3247650	26254,034	1299629	144372,19	67149,85
ТМ-2500/6	3121689,7	1976526,15	38068,039	1884462,05	209339,67	97967,28
ТМ-400/6	456036,49	328346,27	6908,95	342007,63	37995,67	17657,16
ТМ-400/6	480038,41	345627,65	7056,58	347567,36	38465,79	18058,23
ТМ-160/6	210816,86	126490,12	2875,63	127865,8	13865,47	6514,902
ТМ-1000/6	797503,81	1292052,16	17648,29	876356,65	98356,89	24856,35
ТМ-400/6	456036,49	328346,27	6908,95	342007,63	37995,67	17657,16
ТМ-160/6	364029,12	161980,96	3715,087	178546,67	20136,68	6645,45

3 Спеціальна частина

При підвищених притоках води в дренажну систему кар'єра важко забезпечити достатню ємність водозбірників водовідливних установок для належного демпфірування коливань протоків. Експлуатація насосів в цьому випадку буде характеризуватися частими включеннями і відключеннями в міру заповнення і спорожнення водозбірників. Така експлуатація насосів водовідливу, як відомо, призводить до їх швидкого виходу з ладу, так як пуск і зупинка насосів супроводжуються перехідними процесами, що викликають підвищену вібрацію насосних агрегатів і інтенсивний кавітаційний знос їх проточної частини.

Спеціальними дослідженнями доведено, що режим експлуатації насосів водовідливу може бути істотно покращено при організації їх роботи «по притоку». Найбільш простим способом регулювання насосів є дроселювання нагнітання за допомогою засувки. Такий спосіб регулювання характеризується відчутними втратами енергії. Ці втрати енергії є, як відомо, мінімальними при використанні щодо дорогого регульованого електроприводу.

3.1 Розробка регульованого електропривода насосних установок кар'єра

Вибір раціонального типу електропривода для конкретної технологічної установки містить у собі:

- аналіз умов експлуатації та розробку технічних вимог до електропривода;
- аналіз перспективних варіантів систем електроприводів, їх техніко-економічне порівняння та вибір раціонального типу привода.

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ			
Зм.Зм	Лист/Л	№ докум.№	ПідписПід	Дата				
Разраб.	Харкевич				Спеціальна частинаДата	Лім.Лім.	Лист/Лист	Листів
Перевір.	Прядко						5230	2122
Реценз.						ІЕЕ каф. АЧЕК		
Н. Контр. Н.								
	Прядко С.Л.№							

Типи основних регульованих електроприводів з короткою їх характеристикою наведені в таблиці 3.1. З таблиці видно, що ВД і ЧРП є найбільш універсальними типами регульованого приводу з найкращими технічними даними. Так, за режимами роботи вони не поступаються приводу постійного струму, вигідно відрізняючись від нього практично необмеженим діапазоном потужностей і частот обертання, більшою надійністю і простотою. З таблиці 3.1 видно, що асинхронний двигун є найбільш універсальним типом регульованого електропривода змінного струму.

Таблиця 3.1 - Типи основних регульованих електроприводів

	Частотно – регульований ЕП (ПЧ – АД)			Вентильний привод	
Тип двигуна	АД з короткозамкненим ротором			СД	
Щітки чи колектор, контактні кільця	-			- (+)	
Керування з боку	статора			статора	
Регульований параметр	напруга			напруга	
Структура перетворювача	КВ – ІН	КВ – ІС	ІІМ	КВ – ІС	БПЧ
Режими роботи:					
руховий	+	+	+	+	+
гальмівний	+	-	+	+	+
чотири квадранти	+	-	+	+	+
часті пуски	+	+	+	+	+
часті реверси	-	-	-	+	+
Можливий діапазон робочих частот	Верхня межа обмежена механічною міцністю машини			Верхня межа обмежена механічною міцністю машини. Усталена робота при низьких частотах.	

Швидкість асинхронних двигунів пропорційна частоті напруги живлячої мережі. Таким чином, зміна швидкості обертання двигуна може бути досягнута шляхом зміни частоти споживаної напруги. З іншого боку, момент має квадратичну залежність від напруги живлення. Таким чином, момент двигуна може бути змінений шляхом підстроювання напруги живлення під будь-яку необхідну частоту.

Схема ЧРП показана на рисунку 3.1. Основними елементами привода є випрямляч В, інвертор напруги ІН, асинхронна або синхронна машина, програмований мікроконтролер. Крім перерахованого використовуються індуктивності та ємності для стабілізації виходу випрямляча і мінімізації рівня вищих гармонік. У силовому каналі: КА - комутаційний апарат; Ф-фільтр; БД - блок датчиків. У системі керування: ДЖ - джерело живлення; МК - мікроконтролер; ВЗ - вузол захисту; ФІ - формувач керуючих імпульсів.

Коли велика індуктивність сполучена послідовно з виходом випрямляча, така система називається інвертором струму. Коли ж велика ємність сполучена паралельно з виходом випрямляча - це інвертор напруги. Відповідно, використовуючи двигун змінного струму для одержання постійного моменту при швидкостях, що змінюються, необхідно мати джерело енергії з регульованими напругою і частотою, що буде підтримувати постійним відношення

$$U / f = \text{const},$$

де U - напруга мережі живлення; f - частота.

Для оптимізації роботи пари ПЧ-насос, наприклад, електропривод Unidrive VTC (керування моментом, що змінюється,) має квадратичну характеристику U/f (напруга/частота). Квадратична форма характеристики дозволяє перетворювачу “підлаштовуватися” під механізм і керувати ним по оптимальній характеристиці, зводячи до мінімуму втрати енергії.

При зниженні навантаження на валу двигуна і, відповідно, зменшенні струму статора, перетворювач знижує напругу на статорі двигуна, зберігаючи частоту незмінною. Завдяки зниженню напруги зменшуються втрати енергії в статорі двигуна, а значить і загальні втрати енергії в приводній системі знижуються. При зростанні навантаження на валу двигуна процес протікає в зворотній послідовності, і ПЧ повертається на номінальну характеристику.

При керуванні насосами і вентиляторами слід також відмітити можливість “підхоплення” обертового двигуна і можливість автоматичного перезапуску при зникненні живлення.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

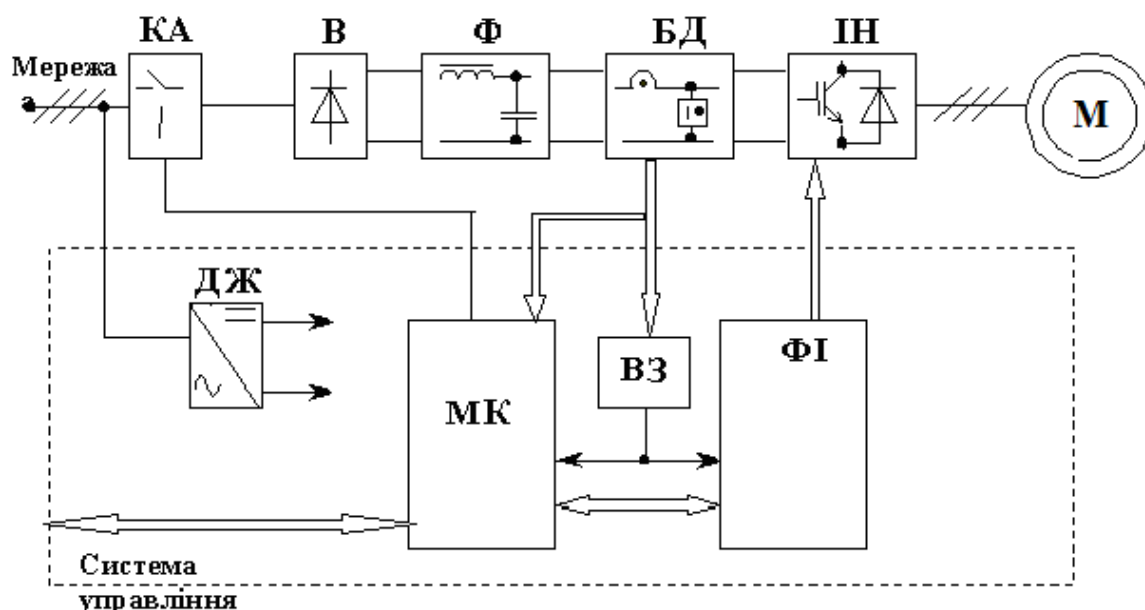


Рисунок 3.1 - Схема ЧРП

3.2 Визначення параметрів схеми заміщення АД за довідковими даними

У довідковій літературі по асинхронних двигунах завжди приводяться наступні параметри, відповідні номінальному режиму роботи:

- потужність P_n [Вт];
- лінійна напруга живлення U_n [В];
- фазний струм I_n [А];
- швидкість обертання n [об/хв.];
- коефіцієнт потужності $\cos \phi$;
- кратність максимального моменту

За цими даними з достатньою для інженерних розрахунків точністю можна визначити параметри схеми заміщення (рисунок 3.2).

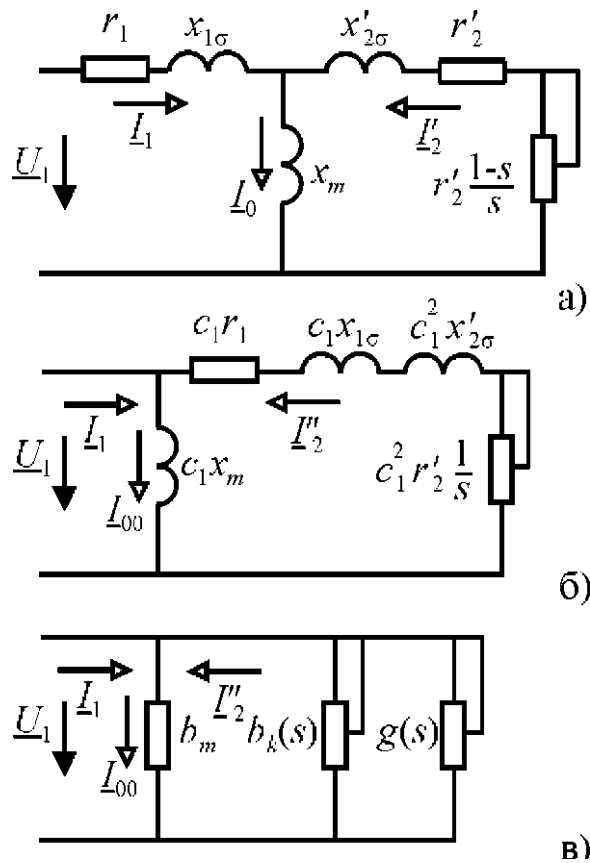


Рисунок 3.2 - Варіанти схеми заміщення АД

При частоті живлячої мережі f_1 число пар полюсів АД визначається округленням вниз або вверх відношення f_1/n :

$$p = \text{floor}\left(\frac{60f_1}{n}\right) = \text{ceil}\left(\frac{n}{60f_1}\right);$$

$$p = 60 \cdot 50 / 3000 = 1$$

Фазна напруга живлення при з'єднанні обмоток статора зіркою :

$$U_1 = \frac{U_i}{\sqrt{3}}; [\text{В}]$$

$$U_1 = \frac{660}{\sqrt{3}} = 380, [\text{В}]$$

Ковзання при номінальній швидкості обертання n_n :

$$s_n = 1 - \frac{n \cdot \delta}{60 \cdot f_1} = 0,011;$$

Номінальна швидкість:

$$n_i = n_o(1 - s_n)$$

$$n_n = 1500(1 - 0,011) = 1484 \text{ об./хв.}$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Кутова частота холостого ходу рівна :

$$\Omega_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{p} \text{ [1/c]}$$

$$\Omega_1 = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{2} = 157 \text{ [1/с]}$$

З виразу для номінальної механічної потужності $P_{\tilde{r}} = \Omega_{\tilde{r}} \cdot M_{\tilde{r}} = \Omega_1 \cdot M_{\tilde{r}} (1 - s_n)$ можна визначити номінальний момент, що обертає:

$$M_H = \frac{P_{\Pi}}{\Omega_1 \cdot (1 - s_n)} \text{ [Нм]}$$

$$M_H = \frac{250000}{157 \cdot (1 - 0.011)} = 1610 \text{ [Нм]}$$

З рівняння балансу активних потужностей при дуже малих втратах в магнітопроводі ($P_1 = P_{1a} + P_{em}$) витікає, що потужність, яка розсіюється на опорі статора $P_{el} = m_1 \cdot I_{\tilde{r}}^2 \cdot r_1$ рівна різниці між активною потужністю споживаної АД $P_1 = m_1 U_1 I_n \cos \phi$, і електромагнітною потужністю, $P_{em} = M_{\tilde{r}} \cdot \Omega_1 = P_{\tilde{r}} / (1 - s_n)$. Звідси активний опір статора :

$$r_1 = \frac{m U_1 I_1 \cos \phi - M_{\tilde{r}} \omega_o}{m I_1^2}, [\hat{\Omega}]$$

$$r_1 = \frac{3 \cdot 380 \cdot 246 \cdot 0.89 - 1610 \cdot 157.5}{3 \cdot 246^2} = 0.022 [\hat{\Omega}]$$

З формули Клосса $\frac{M_H}{M_{MAX}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{2 \cdot (1 + a \cdot s_m)}{s_n / s_m + s_m / s_n + 2 \cdot a \cdot s_m}$, де $a = \frac{r_1}{c_1 \cdot r_2''}$, можемо знайти

критичне ковзання :

$$s_m = \frac{s_n}{A} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - A})$$

$$s_m = \frac{0.011}{0.96} \cdot (2.5 + \sqrt{2.5^2 - 0.96}) = 0.055,$$

де $A = 1 - 2as_n(\lambda - 1)$, $A = 1 - 2 \cdot 1.02 \cdot 0.011 \cdot (2.5 - 1) = 0.96$

Значення a залежить від потужності АД і змінюється приблизно від 1 до 2. У розрахунках можна прийняти $a = 1.5$. Величина опору ротора при малих

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

потужностях істотно залежить від цього параметра.

Максимальний момент АД в режимі двигуна дорівнює :

$$M_{MAX} = \lambda \cdot M_f = \frac{m_1 \cdot U_1^2}{2\Omega_1 c_1 \left[r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_{1\sigma} + c_1 x_{2\sigma}')^2} \right]}$$

Звідси можна визначити індуктивний опір короткого замикання $x_k = x_{1\sigma} + c_1 x_{2\sigma}'$. Проте, якщо довідкове значення λ не відповідає R_l , то x_k отримують комплексним числом. Тому для його визначення слід використовувати наближений вираз, відповідний умові $R_l \approx 0$:

$$M_{MAX} = \lambda \cdot M_f = \frac{m_1 \cdot U_1^2}{2\Omega_1 c_1 (x_{1\sigma} + c_1 x_{2\sigma}')} \quad (1)$$

Тут коефіцієнт $c_1 = |1 + z_1 / z_m| \approx 1 + x_{1\omega} / x_m$.

У АД потужністю більше декількох кіловат нормального виконання він мало відрізняється від 1 і дорівнює $c_1 = 1,02 \dots 1,04$. У машин потужністю менше кіловата він значно більше і досягає величини порядку 1,2...1,3, тому при розрахунку параметрів цих машин його необхідно враховувати. Як емпірична залежність c_1 від потужності АД можна прийняти:

$$c_1(P_n) = 1,02 + 0,35^{\lg(P_n)}$$

$$c_1(P_n) = 1,0234$$

Тоді для індуктивного опору короткого замикання отримаємо:

$$x_k = x_{1\sigma} + c_1 x_{2\sigma}' = \frac{m_1 U_1^2}{2\Omega_1 c_1 \lambda M_f} \quad (\text{Ом})$$

$$x_k = \frac{3 \cdot 380^2}{2 \cdot 157 \cdot 1,0234 \cdot 2,5 \cdot 1610} = 0,335 \quad (\text{Ом})$$

Розділення x_k на опори розсіювання статора і ротора $x_{1\sigma}$ і $x_{2\sigma}'$ можна виконати, з досвіду вважаючи $x_{2\sigma}' \approx \tilde{n}_1 x_{1\sigma}$. Тоді

$$x_{1\sigma} = x_k / (1 + \tilde{n}_1^2), \quad x_{2\sigma}' = x_k - x_{1\sigma}$$

$$x_{1\sigma} = x_k / (1 + 1,0234^2) = 0,163$$

$$x_2 = x_{2\sigma}' = 0.335 - 0.163 = 0.171$$

Далі, з виразу для критичного ковзання $s_m = c_1 r_2' / \sqrt{r_1^2 + x_k^2}$, можна набути значення опору ротора:

$$r_2' = s_m \cdot \sqrt{r_1^2 + x_k^2} / \tilde{n}_1, [\text{Ом}]$$

$$r_2' = 0,055 \cdot \sqrt{0,022^2 + 0,335^2} / 1,0234 = 0,018, [\text{Ом}]$$

Опір ланцюга намагнічення x_m можна визначити з балансу реактивної потужності однієї фази $Q_1 = Q_k + Q_m = U_1 I_f \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$, де Q_k - реактивна потужність, що витрачається на формування полів розсіювання статора і ротора. Перетворимо послідовне з'єднання головного ланцюга в паралельне, розділивши активну і реактивну складові комплексної провідності. Тоді реактивна провідність при номінальному ковзанні буде рівна:

$$b_k = \frac{c_1 x_k}{(c_1 r_1 + c_1^2 r_2' / s_n)^2 + (c_1 x_k)^2} [1 / \hat{n}]$$

Звідси потужність потоків розсіювання рівна $Q_k = U_1^2 b_k$, а потужність основного потоку - $Q_m = U_1^2 b_m = U_1^2 / (c_1 x_m)$.

Підставляючи ці вирази в рівняння балансу потужностей, після перетворень отримаємо :

$$x_m = \frac{1}{c_1 \left(\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{z_b} - b_k \right)} (\hat{n})$$

де: $z_b = U_1 / I_f$ - базовий опір для системи відносних одиниць.

Слід відмітити, що провідність b_k складає по відношенню до першого доданку в знаменнику величину порядку $10^{-4} \dots 10^{-6}$. Тому:

$$x_m = \frac{z_b}{c_1 \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} = \frac{U_1}{c_1 I_f \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} (\hat{n})$$

$$x_m = \frac{380}{1,0234 \cdot 246 \sqrt{1 - 0,89^2}} = 3,31 (\hat{n})$$

Таким чином, ми отримали всі параметри схеми заміщення АД, користуючись мінімальним набором довідкових даних. Для аналізу загальної залежності параметрів від потужності двигуна приведемо їх значення до базового опору z_b .

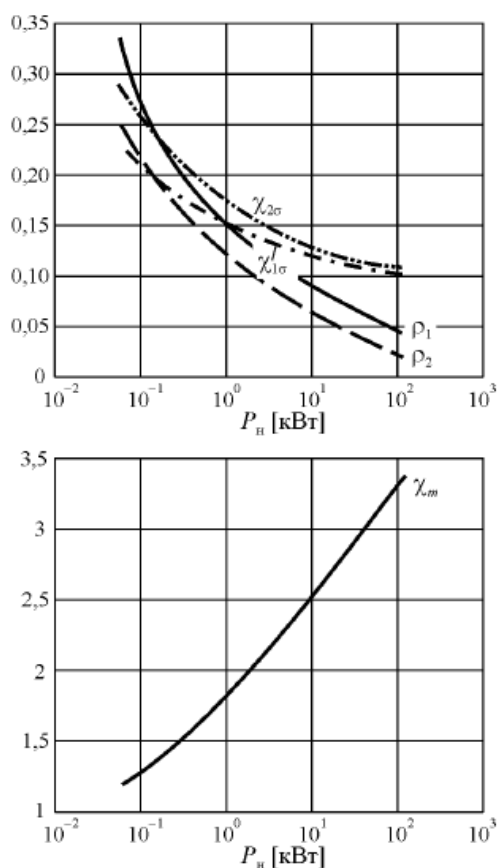


Рисунок 3.3 Характеристики схеми заміщення АД
приведеного до базового опору

Як впливає з рисунку 3.3, індуктивні опори розсіяння статора і ротора $x_{1\sigma}$ і $x_{2\sigma}$ у діапазоні потужностей від 60 Вт до 110 кВт зменшуються приблизно в два рази. Їх співвідношення близьке до емпіричної залежності $x_{2\sigma} \approx c_1 x_{1\sigma}$ але декілька відхиляється від неї при малих потужностях, оскільки розрахунок ведеться по наближеному виразу для максимального моменту за умови $r_1 \approx 0$ а при потужності менше 1 кВт активний опір статора має відносно велике значення та виникає похибка 10-15%. Значення активних опорів ρ_1 та ρ_2

також схожі за значенням та більше розрізняються при малих потужностях, проте самі значення залежать від потужності, зменшуючись майже на порядок. Зменшення імпедансу статора при одночасному збільшенню в 2,5...3 рази індуктивного опору ланцюга намагнічування x_m покращує енергетичні показники АД та зменшує відносне значення струму намагнічування.

3.3 Розрахунок параметрів системи ПЧ-АД

Визначимо номінальну швидкість двигуна:

Синхронна швидкість:

$$\omega_0 = 0.105 \cdot n_0 = 0.105 \cdot 3000 = 315 \text{ 1/c}$$

$$\omega_n = 0.105 \cdot n_n = 0.105 \cdot 2945 = 309.225 \text{ 1/c}$$

Еквівалентний активний опір:

$$R_e = 2 \cdot (R_1 s_f + R_2') + 2R_{\sigma_2} + R_L + 2R_{\sigma_A} + 2R_{\sigma} + \frac{3}{\pi} \cdot (x_1 s_f + x_2')$$

R_L - згладжувальний дросель ФРОС-65/05У3:

$$R_L = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}, \quad L_L = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

R_{σ} - струмообмежуючий реактор РТСТ-410-0,101У3:

$$R_{\sigma} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}, \quad L_{\Phi} = 0,101 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$R_e = 2 \cdot (0,022 \cdot 0,011 + 0,018) + 2 \cdot 0,01 + 0,0068 + 2 \cdot 0,004 + 2 \cdot 0,0038 + \\ + \frac{3}{\pi} \cdot (0,163 \cdot 0,011 + 0,171) = 0,24 \hat{\Omega}$$

Еквівалентний індуктивний опір:

$$L_e = 2 \cdot (L_1 + L_2') + L_L + L_{\sigma} = 2 \cdot \left(\frac{x_1}{2\pi f_{1\hat{m}}} + \frac{x_2'}{2\pi f_{1\hat{m}}} \right) + L_L + L_{\sigma} = \\ = \frac{1}{50\pi} \cdot (0,163 + 0,171) + 0,0015 + 0,00101 = 0,00464 \text{ Гн}$$

Коефіцієнт транзисторного перетворювача:

$$K_{\sigma i} = \frac{U_{dMAX}}{U_{YMAX}} = \frac{U_{1\hat{m}}}{U_{YMAX}} = \frac{660}{10} = 66$$

Коефіцієнт за струмом:

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$K_O = \frac{U_{i\dot{O}MAX}}{I_{MAX}} = \frac{10}{753.7} = 0.013$$

Коефіцієнт за швидкістю:

$$K_C = \frac{U_{OCMAX}}{\omega_{MAX}} = \frac{U_{OCMAX}}{\omega_{MAX}} = \frac{10 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 1483} = 0.064$$

Статичний коефіцієнт:

$$K_O = \frac{M_{\ddot{m}}}{\omega_{\ddot{m}}^{2.5}} = \frac{1610}{155.8^{2.5}} = 0.0053$$

Передатна функція регулятора струму

Так як регулятор струму пропорційно-інтегральний, передатна функція буде мати вигляд:

$$W_{PT} = \frac{T_1 p + 1}{T_2 p},$$

$$\text{де } T_1 = T_e, \text{ а } T_e = \frac{L_e}{R_e} = \frac{0.00464}{0.24} = 0.0193$$

Передатна функція регулятора швидкості

Так як регулятор швидкості пропорційно-інтегральний, передатна функція буде мати вигляд:

$$W_{PC} = \frac{T_3 p + 1}{T_4 p},$$

$$\text{де } T_3 = a_C \cdot a_T \cdot b_C \cdot T_\mu$$

$$T_4 = \frac{T_3}{K_{PC}}$$

$$K_{PC} = \frac{K_T \cdot J}{a_C \cdot a_T \cdot T_\mu \cdot K_M \cdot K_C}$$

На листі 4 приведені розімкнута, замкнута структурні схеми, а також цифрова модель системи ПЧ-АД та результат роботи програми комп'ютерного моделювання, що наведені нижче.

Задатчики інтенсивності першого порядку:

$$K_1 = \frac{\varepsilon_{MAX}}{\omega_{MAX}} = \frac{26.8}{162} = 0.165$$

$$\varepsilon_{MAX} = \frac{0.9 M_{MAX} - M_H}{J} = \frac{0.9 \cdot 4025 - 1610}{55 + 20} = 26.8$$

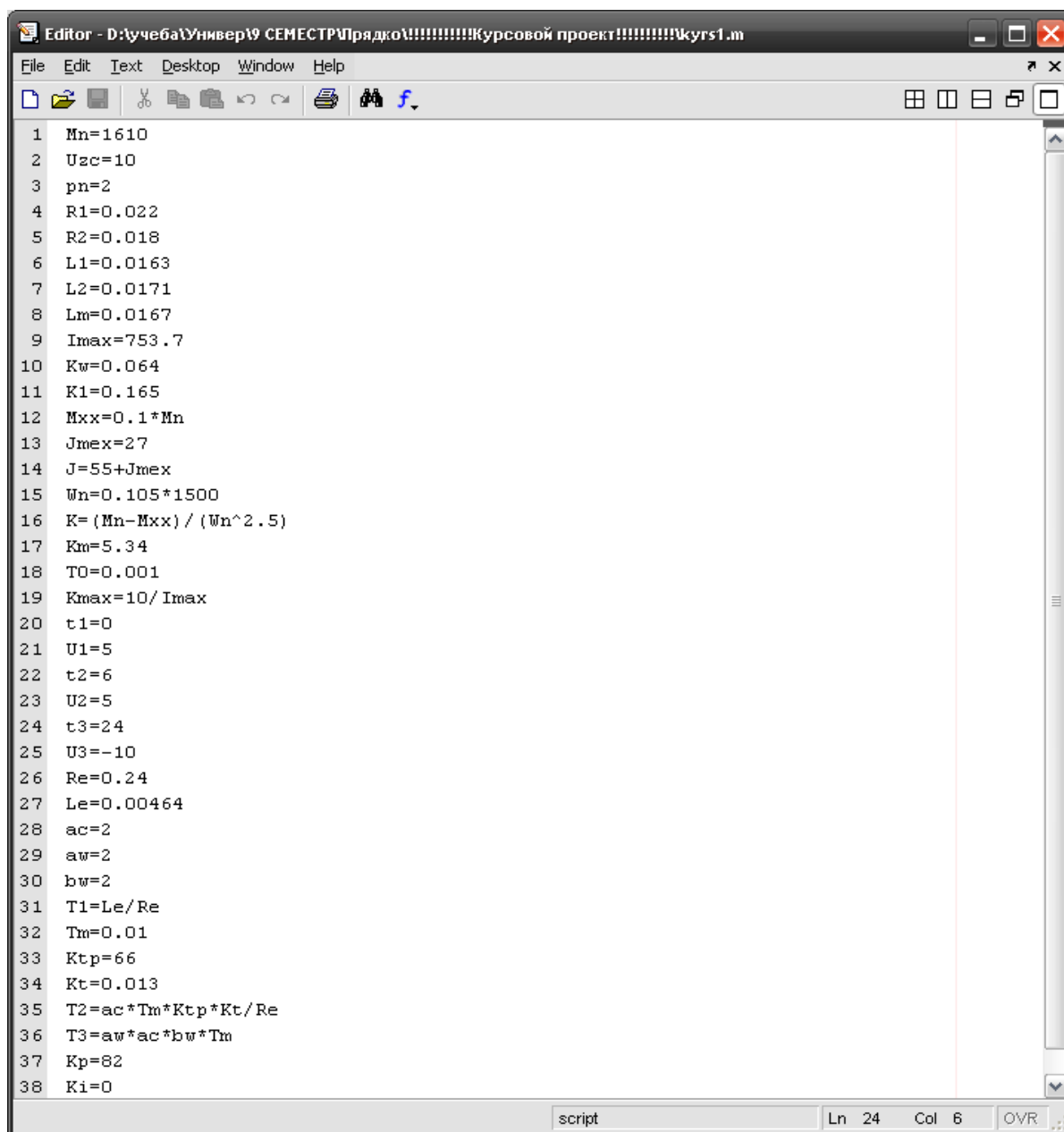
$$t_1 = \frac{1}{K_1} = \frac{1}{0.165} = 6$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

3.4 Моделювання системи ПЧ-АД за допомогою пакету Matlab

Для моделювання системи ПЧ-АД скористуємося пакетом Matlab. За допомогою структурної схеми системи ПЧ-АД складемо Simulink-модель досліджуваної системи з ПІД регулятором швидкості.

Щоб отримати потрібні графіки залежності моменту та швидкості двигуна від часу треба створити m-файл. Параметри використані в m-файлі зображено на рисунку 3.4.



```
1 Mn=1610
2 Uzc=10
3 pn=2
4 R1=0.022
5 R2=0.018
6 L1=0.0163
7 L2=0.0171
8 Lm=0.0167
9 Imax=753.7
10 Kw=0.064
11 K1=0.165
12 Mxx=0.1*Mn
13 Jmex=27
14 J=55+Jmex
15 Wn=0.105*1500
16 K=(Mn-Mxx)/(Wn^2.5)
17 Km=5.34
18 T0=0.001
19 Kmax=10/Imax
20 t1=0
21 U1=5
22 t2=6
23 U2=5
24 t3=24
25 U3=-10
26 Re=0.24
27 Le=0.00464
28 ac=2
29 aw=2
30 bw=2
31 T1=Le/Re
32 Tm=0.01
33 Ktp=66
34 Kt=0.013
35 T2=ac*Tm*Ktp*Kt/Re
36 T3=aw*ac*bw*Tm
37 Kp=82
38 Ki=0
```

Рисунок 3.4 - m-файл

Після запуску створеного m-файлу на виконання, а також запуску на виконання Simulink-моделі системи ПЧ-АД.

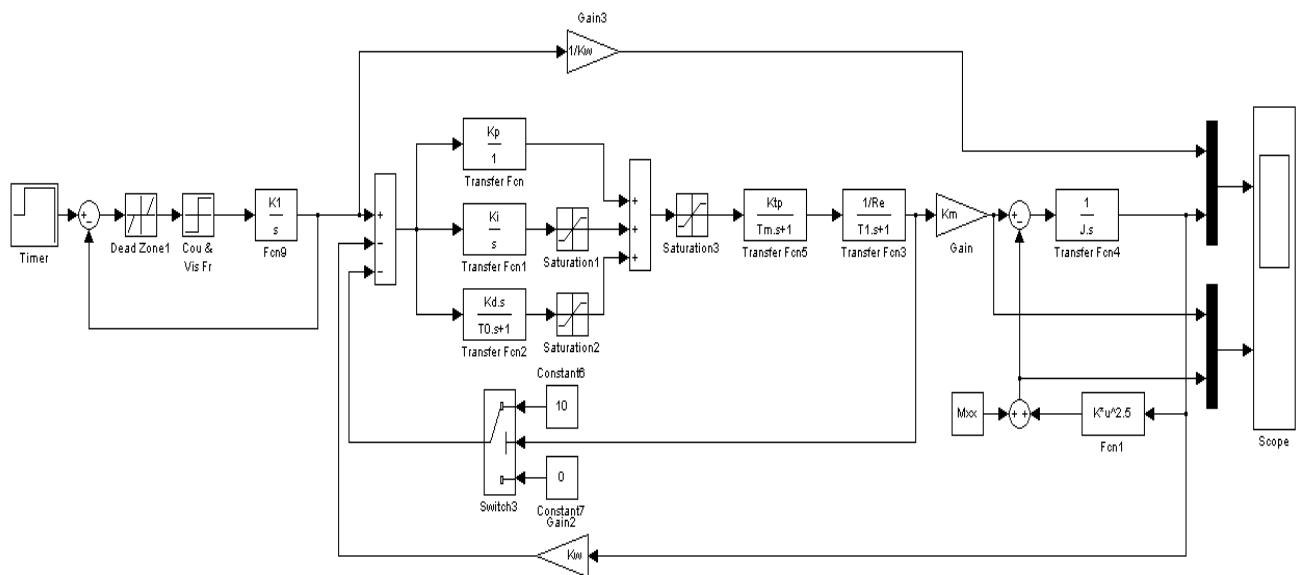


Рисунок 3.5 - Simulink-модель ПЧ-АД з ПД регулятором.

Діаграма швидкості представлена на рисунку 3.6.

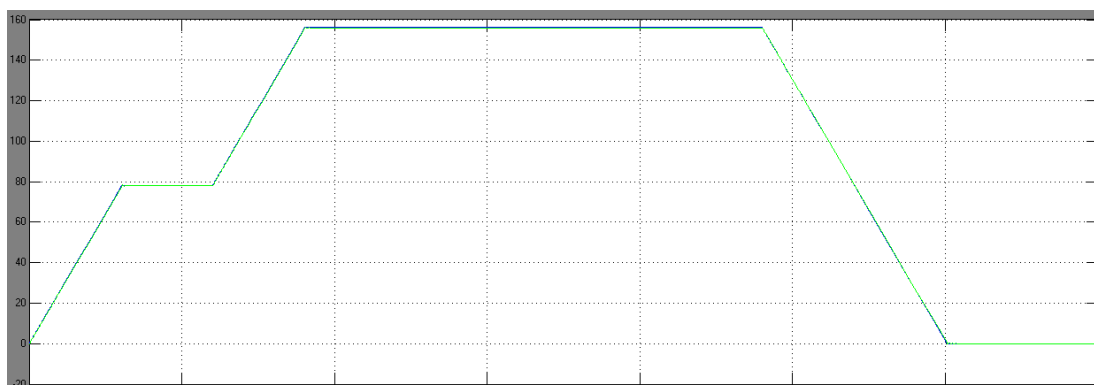


Рисунок 3.6 - Діаграма швидкості

Діаграма навантаження представлена на Рисунку 3.7

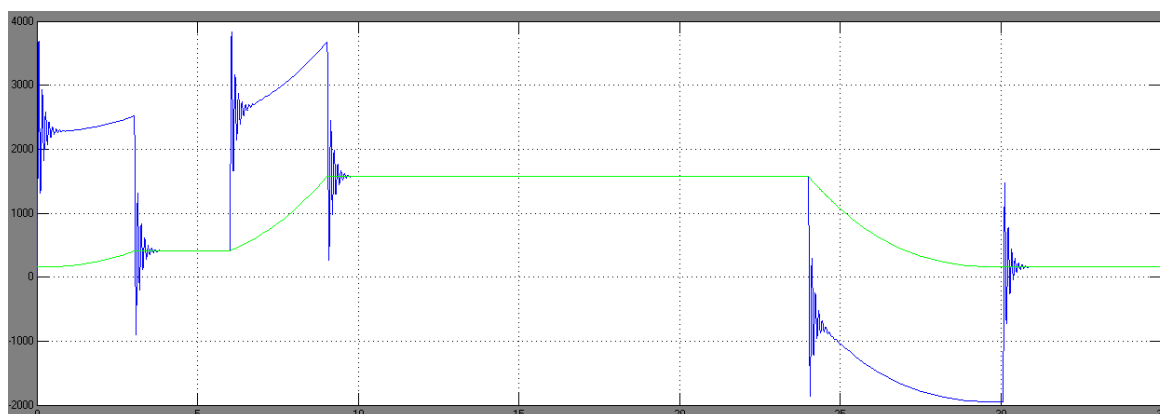


Рисунок 3.7 Діаграма навантаження

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ

Лист

64

3.5 Вибір електричного обладнання

3.5.1 Загальні відомості про інтелектуальні силові модулі компанії Vishay

Модулі VS призначені для реалізації керування трифазними безконтактними електродвигунами - асинхронними і безконтактними двигунами постійного струму. Тому в їхній склад входить трифазний інвертор зі схемою керування і захисту. В даний час серійно виробляються дві версії модулів - "А" і "В". Версія "А" - варіант із відкритими емітерами нижніх ключів інвертора. Модуль версії "В" - модуль з вбудованим шунтом у ланцюзі шини нульового потенціалу. Це дозволяє реалізувати різні комбінації токових зворотних зв'язків і вибирати оптимальну стосовно до конкретного випадку. У порівнянні з аналогами вони мають ряд переваг:

Широкий діапазон частоти Ш І М

До складу модулів входить шість кристалів IGBT - транзисторів і антипаралельних ультра швидких діодів. У модулях IR використовують 600-вольтові NPT IGBT 5-го покоління, що дозволяють працювати на частотах Ш І М до 20кГц включно. До їхніх переваг також відносяться простота рівнобіжного з'єднання, прямокутна зона безпечної роботи і низький рівень втрат на переключення, особливо при вимиканні, при відносно низьких втратах на провідність. Можливість роботи на більш високих частотах Ш І М дозволяє уникнути акустичних шумів і забезпечить більш широкий діапазон регулювання швидкості.

Низький рівень втрат

Модулі VS проектувалися з урахуванням застосування в промислових і побутових приводах, де потрібні широкі діапазони регулювання швидкості, висока динамічна точність, і в балансі втрат серйозна увага приділяється втратам на переключення. Для досягнення низьких втрат на переключення в них застосовані NPT IGBT останнього покоління. У порівнянні з транзисторами, використовуваними в інших модулях, IGBT, застосовувані в модулях IR, істотно швидше вмикаються і вимикаються і, що найбільше важливо, мають більш короткий час спаду при вимиканні, що визначає в

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

основному втрати на переключення за рахунок більш високої швидкості спаду напруги. За рахунок цього IGBT - транзистори VS мають істотну перевагу перед аналогами за втратами на переключеннях, хоча й уступають їм за спаданням напруги, що визначає втрати на провідність.

Проста схема підключення

Для реалізації функціонально закінченого пристрою керування трифазним електродвигуном із застосуванням інтелектуальних модулів потрібна мінімальна кількість компонентів.

3.5.2 Електричні перетворювачі фірми LEM

Загальна характеристика

Перетворювачі фірми LEM трансформують первинний струм на гальванічно - ізольований сигнал, пропорційний миттєвому або ефективному значенню цього струму, зі збереженням форми первинного струму в широкому діапазоні частоти 0-200 кГц. Перетворювачі застосовуються для виміру постійних і перемінних струмів до 20 кА, для дуже великих струмів у гальванічних процесах до 500 кА, також для напруг до 6400 В ефективного значення. Перетворювачі струму для промислового застосування, відсортовані по функції збільшення номінальних струмів з 0,25А до 20 000 А. Крім того, окремо вказуються перетворювачі струму з виходом 4-20мА або 0-10 В, що застосовуються в системах керування технологічними процесами, перетворювачі напруги, а також перетворювачі спеціально виготовлені для застосування в системі електротяги.

Принцип дії, технології

З огляду на принцип дії, технологію виробництва і застосування, перетворювачі можемо розділити на чотири основні групи, що охоплюють шість технологій, що відрізняються один від одного, представники яких зазначені нижче.

1. Перетворювачі струму засновані на датчиках Halla, тобто перетворювачі з замкнутою петлею зворотного зв'язку, відкритою петлею зворотного зв'язку, перетворювачі, засновані на технології Eta.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

2. Перетворювачі, засновані на датчиках магнітного потоку, що включають групи "ІТ", "СТ", низької частоти і стандартні.

3. Перетворювачі з повітряним осердям, що включають групи LEM-flex і технологію PriME.

4. Різні перетворювачі напруги, засновані на датчиках Halla, на датчиках магнітного потоку С, а також потенціометра з ізолюючим підсилювачем серії AV.

Застосування

Головною метою застосування електричних перетворювачів є одержання ізольованого з первинної сторони низьковольтного сигналу, що відбиває величину і форму вимірюваної електричної величини з достатньою точністю в даному діапазоні частоти. Цей сигнал може бути показаний на вимірювальному приладі, моніторі або перетворений для керування електронною системою в довільних установках і приладах, таких як:

- конвертори й інвертори;
- контролери швидкості обертання електродвигунів постійного струму;
- роботи й автомати;
- буферні і безперебійні блоки живлення;
- електрозварювальні апарати;
- тягові приводи;
- електричні і тягові підстанції.

3.5.3 Перетворювач струму з відкритою петлею зворотного зв'язку з аналоговим виходом напруги

тип	HAL 600 - S
струм I_n , A	600
вихідний сигнал при струмі I_n ,	4000 mV
діапазон виміру I_p , %	+/- 1000
точність виміру при I_n , %	+/- 1
напруга ізоляції, kV	3
частотний діапазон, kHz	0...50

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

напруга живлення $\pm 5\%$, $V_{с-V} \pm 15$

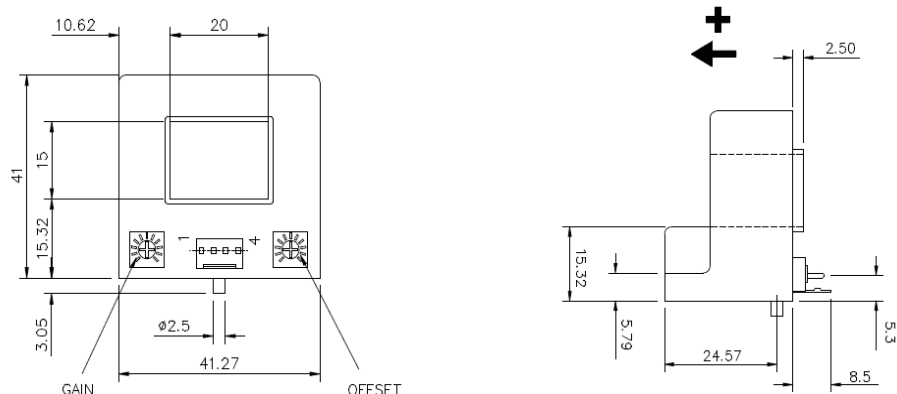


Рисунок 3.8- Зовнішній вигляд датчику струму HAL 600-S

3.5.4 Перетворювач напруги з замкнутою петлею зворотного зв'язку з аналоговим виходом струму

тип	LV 100
номінальна напруга	100V - 2500V
номінальний струм I_p , m	10
діапазон виміру струму, m	0 +/- 20
номінальний вторичнийток I_w , m	50
точність виміру I_w , %	+/- 0,7 %
живляча напруга, V	+/-15
напруга ізоляції, kVsk	6

Діапазон вимірюваної напруги встановлюється за допомогою додаткового резистора R1, що включається послідовно з первинною обмоткою, як показано нижче.

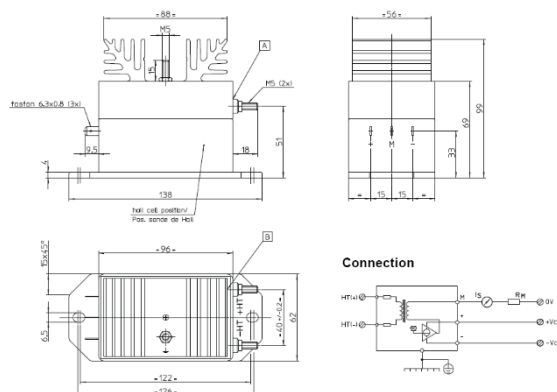


Рисунок 3.9 - Зовнішній вигляд датчику напруги LV 100-400

3.5.5 Випрямні діоди

тип	QRS0660T30 (Powerex)
минаючий струм, А	600
повторювана зворотна напруга, V	600
неповторювальний імпульсний струм, А	3600
тепловий опір, °C /W	0,04
припустима температура корпусу, °C	75

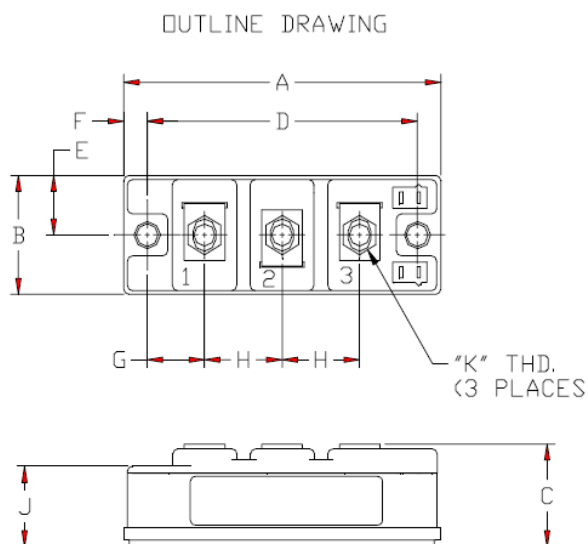


Рисунок 3.10 - Зовнішній вигляд діодного модулю QRS0660T30

3.5.6 Транзистори IGBT

тип	CM600DU-24NF
колектор-емітер, V	1200
максимальний колектор-емітер, V	1,9
безперервний струм колектор-емітер	600
потужність, W	2080
корпус	NF6

Модулі IGBT нової генерації, що мають структуру CSTBT, виготовлені по новій технології, мають дуже низькі втрати потужності, тому транзистори IGBT можуть вживатися у швидких схемах ($\approx 50kHz$). Ціни транзисторів набагато нижче в порівнянні з актуальними цінами на ринку.

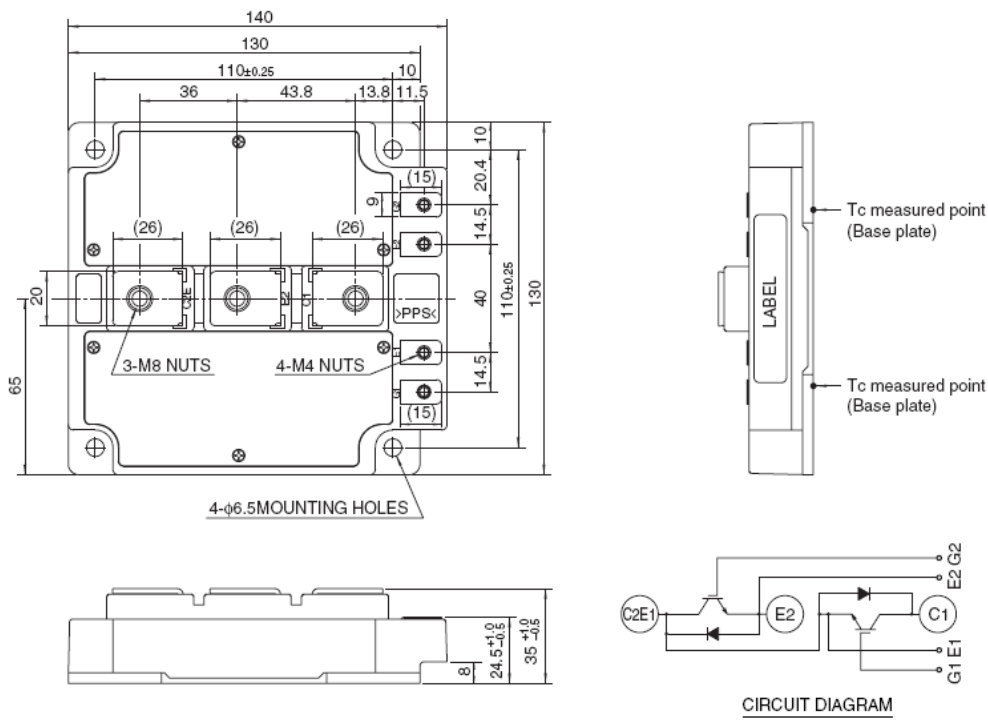


Рисунок 3.11 - Зовнішній вигляд датчику напруги LV 100-400

3.6 Система автоматизованого управління апаратурою кар'єрних водовідливних установок

Система управління є дворівневою і складається з нижнього рівня (підключений до ВАР.1М), реалізованого на трьох програмованих логічних контролерах (ПЛК) насосних агрегатів, і верхнього (SCADA)- персонального комп'ютера (ПК) оператора насосної установки (Рис. 3.11). Комп'ютер і контролери об'єднані в мережу за допомогою загальної шини, причому комп'ютер є провідним, тобто він визначає з яким контролером в даний момент буде проводитися обмін даними, а контролери - веденні. Вони можуть лише відповідати ПК на його запити і не обмінюються інформацією між собою. До загальної шини так само підключений і датчик рівня, через свій контролер (ПЛК УР), що виконує роль АЦП. ПЛК УР теж є веденим периферійним пристроєм.. Кожен контролер є дискретною автоматичною системою управління і виконує функції локального управління, контролю технологічних параметрів і захисту для свого насосного агрегату: приймає сигнали від датчиків, відповідно до яких формує і видає команди на виконавчі пристрої і

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	уст
	уст	докум.	пис	Дата		

місцеву сигналізацію про стан НА. Персональний комп'ютер обробляє інформацію, що надходить з ПЛК, датчиків рівня і споживаної потужності, відображає стан технологічного процесу на екрані у вигляді мнемосхеми (графіки зміни рівня води і навантаження в енергосистемі

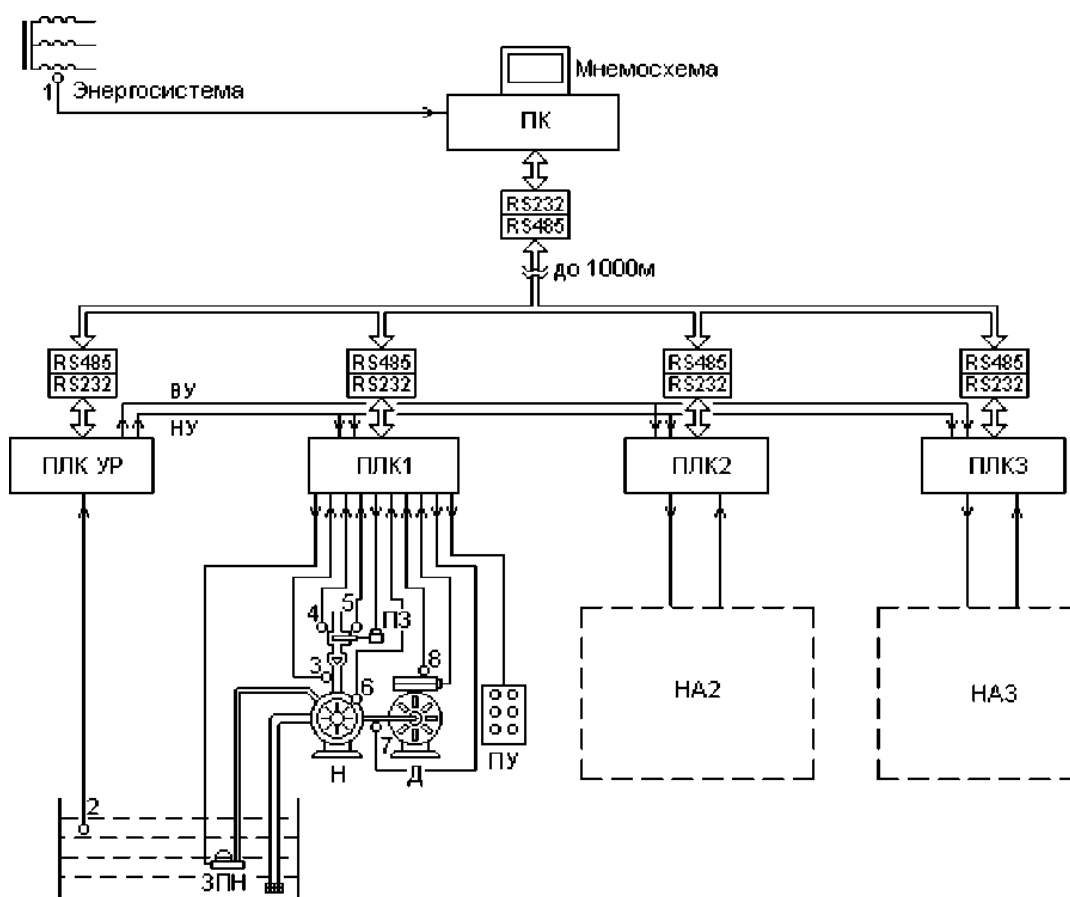


Рисунок 3.12 - Водозбірник

Структурна схема комп'ютерної системи управління насосною установкою: ПК – персональний комп'ютер, ПЛК – програмований логічний контролер насосного агрегату НА, ПЛК УР – тех, але рівномірний (ВУ – сигнал верхнього рівня, НУ – сигнал нижнього рівня), Н – насос, Д – електродвигун насоса, ПУ – панель управління; 1 – датчик навантаження енергосистеми; 2 – датчик рівня; 3 – протисекційне реле продуктивності; 4 – кінцевий вимикач закритого положення засувки; 5 – кінцевий вимикач відкритого положення засувки; 6 – реле тиску; 7 – датчик температури підшипників; 8 – електричний захист.

Система забезпечує виконання таких функцій:

1. Надійну роботу без постійної присутності обслуговуючого персоналу;
2. Можливість трьох видів управління:
 - автоматичне по командам комп'ютера;
 - дистанційне по командам диспетчера;
 - місцеве з панелі управління НА по командам обслуговуючого персоналу;
3. Перехід з одного виду управління на інший можливий з будь-якого пункту управління і не викликає зупинки працюючого насосного агрегату;
- 4 . Аварійну зупинку насоса обслуговуючим персоналом при будь-якому виді управління;
5. Автоматичний захист :
 - через відсутність тиску в робочій камері насоса;
 - гідравлічний по витраті води ;
 - від перегріву підшипників насоса і приводного двигуна;
 - від заклинювання засувок;
 - електрозахисту за допомогою пускової апаратури;
 - від втручання обслуговуючого персоналу в алгоритм функціонування системи;
6. Автоматичне блокування :
 - повторного включення несправного насосного агрегату без втручання обслуговуючого персоналу;
 - одночасного застосування різних видів управління ;
 - одночасного запуску двох насосів з метою виключення накладення пускових струмів і гідравлічного удару;
7. Місцеву сигналізацію про нормальну роботу насосних агрегатів (знеособлена світлова), при поточний режим управління (світлова), про несправність насосних агрегатів (знеособлена звукова і світлова з розшифруванням виду несправності) ;

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

8. Відображення на моніторі персонального комп'ютера (АРМ диспетчера) мнемосхеми водовідливної установки (водозбірника і насосних агрегатів) з інформацією про стан її елементів: про несправність насосних агрегатів (знеособлена звукова і світлова сигналізація з розшифровкою виду несправності та номера НА), на підвищеному та аварійному рівні води в водозбірнику і наближенням максимуму навантаження в енергосистемі (звукова та світлова сигналізація).

В автоматичному режимі система включає насосні агрегати в залежності від рівня води в водозбірнику з урахуванням навантаження енергосистеми. Для цього інформація про рівень надходить з датчика через АЦП в комп'ютер, який при досягненні верхнього рівня формує сигнал на включення чергового насосного агрегату (НА). Вибір насоса здійснюється по кільцевій схемі (1-2-3-1-2 ...). При зниженні рівня води до нижнього значення комп'ютер видає команду відключити насосну установку. Команди на включення / відключення передаються контролеру відповідного НА. Крім цифрового сигналу про поточний рівень, призначеного для ПК , ПЛК УР формує дискретні сигнали (ВУ - верхнього рівня , НУ - нижнього рівня) для ПЛК насосних агрегатів, щоб система могла функціонувати при несправному верхньому рівні управління .

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
						73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Охорона праці

4.1 Загальні заходи безпеки при відкритих гірських роботах

Розробка родовищ корисних копалин відкритим способом повинна проводитися згідно з НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом» і затвердженим проектом. Підприємство повинно також мати встановлену геологічну і маркшейдерську документацію; план гірничих робіт, затверджений технік-ним керівником підприємства та погоджений із місцевими органами Держгірпромнагляду; спеціальний дозвіл (ліцензію) на здійснення експлуатації родовищ корисних копалин. Технічне керівництво гірничими роботами при відкритій розробці можуть вести особи із закінченою вищою чи середньою гірничотехнічною освітою. При впровадженні нових технологічних процесів або введенні нових правил усі працівники проходять позаплановий інструктаж. У приміщеннях нарядних, на робочих місцях і на шляхах переміщення працівників слід вивішувати плакати і попереджувальні написи з техніки безпеки, а на всіх машинах і механізмах повинні знаходитися інструкції з безпечної їх експлуатації. Кожен робітник до початку роботи має бути впевненим у безпечному стані робочого місця, перевіривши справність запобіжних пристроїв, інструменту, приладів, механізмів. У разі виявлення недоліків, які неможливо ліквідувати самому, робітник, не розпочинаючи роботу, зобов'язаний повідомити про це безпосередньо керівника чи особу, що відповідає за безпеку робіт. Перед запуском механізмів чи початком руху

транспорту необхідно подати звуковий, а в нічний час доби і світловий сигнали, з якими знайомі всі працівники кар'єру. Гірничі виробки кар'єрів у небезпечних місцях, де можливе падіння людей (провали, свердловини), повинні огорожуватися загородками або перекриватися, позначатися запобіжними знаками, що освітлюються у темний час доби.

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Разраб.		Харкевич Р.В.			Охорона праці				Лім.	Лист	Листів	
Перевір.		Козлов С.С.									74	6
Реценз.									ІЕЕ каф. АЧЕК			
Н. Контр.												
Затверд.		Прядко С.Л.										

Згідно з НПАОП 0.00-1.33-94 «Правила безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом обов'язкові для всіх .

4.2 Освітлювальні установки на кар'єрах.

Для освітлювальних мереж в кар'єрі, а також світильників на пересувних машинах, механізмах і агрегатах повинна застосовуватися електрична система з ізолюваною нейтраллю при лінійній напрузі не вище 220 В.

При застосуванні спеціальних видів освітлення допускається напруга вище 220 В. Для живлення ручних переносних ламп повинна застосовуватися лінійна напруга не вище 36 В змінного струму і до 48 В постійного струму. При застосуванні тепловозної тяги допускається використання для цієї мети постійного струму напругою до 75 В.

Всі місця робіт на підприємстві повинні бути освітлені згідно з нормами, наведеними в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Норми місць робіт на підприємстві

Об'єкта кар'єру	Найменша освітленість, лк	Площина, в якій нормується освітленість	Примітка
1	2	3	4
Територія в районі ведення робіт	0,2	На рівні поверхні, що освітлюється	Район робіт, що підлягає освітлюванню, встановлюється технічним керівником підприємства
Місця роботи машин в кар'єрі	5	Горизонтальна	Освітленість повинна бути забезпечена по всій глибині і висоті дії робочого устаткування машин
На породних відвалах та інших ділянках	8	Вертикальна	
Місця ручних робіт	5 10	Горизонтальна Вертикальна	
Місця розвантаження залізничних составів, автомобілів і поїздів на відвалах, приймальні перевантажувальні пункти	3	Горизонтальна	Освітленість забезпечується на рівні поверхні, що освітлюється
Район роботи бульдозера або іншої тракторної машини	10	На рівні поверхні гусениць трактора	

4.3 Шкідливий вплив на людину вібрацій та шуму. Заходи по боротьбі з ними.

Вібрація - процес розповсюдження коливань в твердому тілі. Вібрація спостерігається в машинах та механізмах, викликаючи їх поступове руйнування. Крім вібрація діє на організм людини, призводить до втоми, підвищення кров'яного тиску, виникненню віброхвороби. Граничні рівні загальної та локальної вібрації встановлені СН 245–71, СНиП 626-26, ГОСТ 12.10.12-78, ГОСТ 12.4.005-76.

Шум - звук та сукупність звуків різних частот та інтенсивностей, що викликає неприємні відчуття. Нормування шуму проводиться в відповідності до ГОСТ ССБТ 12.1.03-76 та санітарними нормами.

Для боротьби з шумом та вібрацією на кар'єрі проводять наступні заходи:

- зменшення шуму шляхом послаблення його в джерелі;
- поглинання шуму;
- своєчасне, повноцінне змашування обладнання;
- використання глушителів та індивідуальних засобів захисту від шуму (протишумні навушники, антифони).

Для боротьби з вібрацією використовують:

- організаційні заходи (10–15 хвилинні перерви після кожної години праці, взаємозамінність в бригаді);
- використання індивідуальних засобів захисту (віброзахисні рукавиці, взуття та ін.).

4.4 Боротьба з пилом та шкідливими газами

Пило-газовиділення в кар'єрах зменшують за допомогою організаційних, технологічних та інженерно-технічних заходів. Інженерно-технічні заходи включають у себе якісне розсіювання шкідливих виділень, пиловловлювання, пилопридушення, нейтралізацію отруйних газів.

Найчастіше в якості першого ступеня використовують циклон, а другого - тканинний фільтр.

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
						76
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 - Гранично допустимі концентрації

Склад повітря	На рівні моря (об'єм,%)	У кар'єрі і гірничих виробках (об'єм,%)
Азот	78,08	74,5
Кисень	20,95	20,0
Аргон	0,93	-
Вуглекислий газ	0,03	0,5
Інші гази	0,01	5,0

4.5 Електробезпека

Основні елементи системи електробезпеки зводяться до застосування:

- захисту від доторкання до струмоведучих частин;
- зниженої напруги для ручних електроапаратів і машин;
- індивідуальних засобів захисту;
- захисного заземлення і занулення.

У відповідності з ПУЕ, захисним заземленням необхідно обладнувати усі металічні частини електричних установок, які не знаходяться під напругою, але можуть виявитися під ним у випадку пошкодження ізоляції.

ПУЕ обмежують найбільший опір заземлення:

1. Для електроустановок з $V < 1000$ В: при сумарній потужності генераторів або трансформаторів у живлячої мережі потужністю не більше 100 кВт чи 100 кВ·А — 10 Ом; в інших випадках - 4 Ом;

2. Для електроустановок з $V > 1000$ В: при ефективно заземленій нейтралі живлячої мережі — 0,5 Ом; при ізольованій нейтралі живлячої мережі і умові, що заземлювач використовується тільки для електроустановок:

$$V > 1000 \text{ В} - R_3 \leq 10 \text{ Ом};$$

3. Теж, але при умові, що заземлювач використовується для електроустановок, R_3 при цьому приймається найменш розрахованим опором або потребуючим для електроустановок з $V < 1000$ В.

В робочому приміщенні використовується 3-ох фазна електрична мережа з глухозаземленою нейтраллю і з зануленням електрообладнання.

Система заземлення складається з: головних заземлювачів, місцевих заземлювачів і заземлюючої мережі.

Заземлення одиночними вертикальними заземлювачами (з металевих труб $\varnothing d = 10 \div 30$ мм, $l = 2 \div 2,5$ м, або металевими кутками), які з'єднуються між собою горизонтальною смугою.

Принципова схема пристрою загального захисного заземлення на кар'єрі показана на рисунку 4.13.

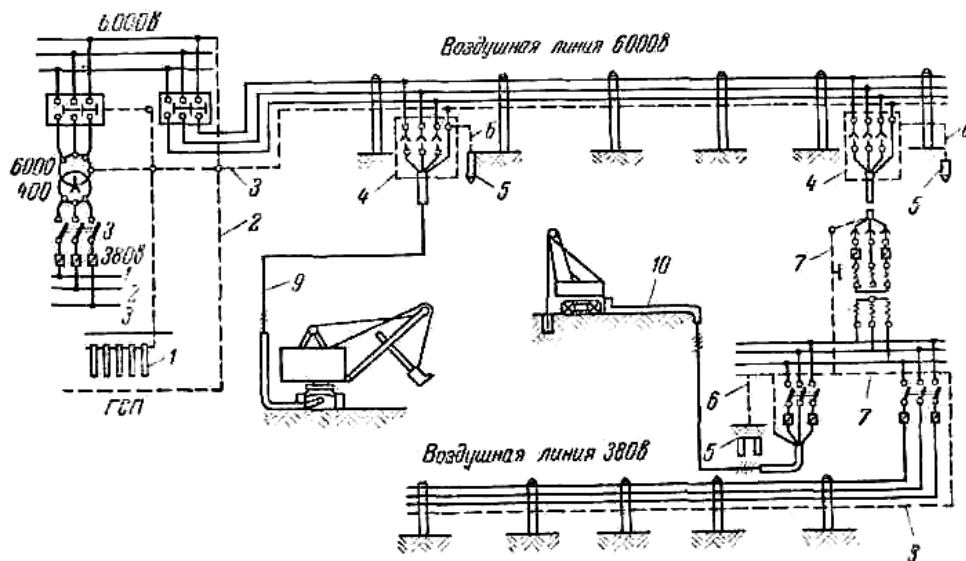


Рисунок 4.13 - Схема пристрою захисного заземлення в кар'єрі:

1 - головний заземлюючий пункт; 2 - заземлюючі шини ГСП; 3 - заземлюючий провід мережі напругою 6 кВ; 4 - приключувані пункти; 5 - місцеві заземлювачі; 6 - відводи від місцевих заземлювачів; 7 - заземлюючі шини УТП; 8 - заземлюючий дріт мережі напругою 380 В; 9 - кабель КШЕ; 10 - кабель ГРШС

4.6 Заходи протипожежного захисту.

При проектуванні генеральних планів промислової площадки розрізу додержуються протипожежних норм. Відстань між будівлями і спорудами прийняті у відповідності до санітарно - гігієнічних норм.

До споруд шириною до 18 м забезпечується під'їзд пожежних автомобілів з однієї сторони. До будівель шириною більше 18 м забезпечується під'їзд з двох сторін. Якщо за виробничими умовами не потребується спорудження

автомобільного під'їзду, то передбачується під'їзд пожежних автомобілів по спланованій території. Тоді відстань від краю проїзної частини до сіті споруд передбачуються від 3 до 20 м.

У відповідності з “Інструкцією по проектуванню пожежної безпеки будівель та споруд, шахт, розрізів і збагачувальних фабрик”, усі виробничі, складські, допоміжні та адміністративні будівлі і споруди повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння (вогнегасниками, азбестовою тканиною, ящиками з піском, відрами, баграми, лопатами і сокирами. Для розміщення цього приладдя повинні встановлюватися вогнетривкі пожежні пункти з розрахунку один на 5000м³.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-5 ПЗ	Лист
						79
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань:

1. Звіт з оцінки впливу на довкілля : «Продовження розробки кар'єру з метою видобування корисної копалини на Микитівському родовищі гранітів у Вознесенському районі Миколаївської області» реєстраційний номер 2019413267 справи про оцінку впливу на довкілля планової діяльності : Миколаїв 2019. С.7-33
2. Малиновский А.К. Автоматизированный электропривод машин и установок шахт и рудников: Учебник для вузов. [Текст] – М.: Недра, 1987. – 277 с.
3. Горбатов П.А. Гірничі машини для підземного видобудування вугілля: Навч.посіб. для вузів. Горбатов П.А., Петрушкін Г.В., Лисенко М.М., Павленко С.В., Косарев В.В.; Під заг.ред. П.А. Горбатова. 2-ге вид.перероб. і доп. [Текст] - Донецьк: Норд Комп'ютер, 2006. - 669с
4. Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных установок. Ключев В.И., Терехов В.М. [Текст] Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1980 – 260с.
5. Анчарова Т. В. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Электрооборудование и автоматизация . Анчарова Т. В., Каменева В. В., Сербиновского Г. В. – 2-еизд., перераб. и доп. [Текст] – М.: Энергоиздат.- 1981. – 624с., ил.
6. Москаленко В.В. Электрический привод.[Текст] - М.: Высш. шк., 1991.-430с.
7. Башарин А.В. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. Голубев Ф.Н., Кепперман В.Г. [Текст] Энергия, 1972. – 440 с.
8. Семенченко А.К. Теоретичні основи аналізу і синтезу гірничих машин і процесу їх відновлення, як динамічних систем. В.М.Кравченко, О.Є.Шабаяєв. [Текст] Донецьк: РВА ДонНТУ, 2002. – 302с
9. Бойко Н.Г. Динамика очистных комбайнов. -[Текст] Донецк: РВА ДонНТУ, 2004. - 206 с.

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
						80
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Чермалых В.М. Системы электропривода и автоматики рудничных стационарных машин и установок. Родькин Д.И., Каневский В.В. [Текст] – М.; Недра, 1976 – 398с.

11. Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода. Навчальний посібник. Закладний О.М., Праховник А. В., Соловей О. І., [Текст] – К: Кондор.- 2005. – 408с.

12. Алиев И.И. Электротехнический справочник. – 4-е изд., испр. – М.: РадиоСофт. [Текст] - 2001. – 384 с.

13. Чермалих О.В. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проектів Розрахунків та комп'ютерне моделювання систем автоматизованого електропривода. Чермалих О.В., Тишевич Б.Л., Данілін О.В. [Текст] Політехніка.- 2004-60с.

14. Данілін О.В. Моделювання електромеханічних процесів і систем. Чермалих В.М., Розен В.П. [Текст] Навч. Посіб./– К.: НТУУ «КПІ» 2007, 52 с.

15. www.tehnoplaza.ru

16. www.stroy-technics.ru

17. В.Ц.Жидецький Основи охорони праці, [Текст] Львів: Афіша.-2002.

18. ДСН 3.3.6.037 – 99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

19. Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей. Обушев Г.К., Паперно Л.Б. [Текст] – М.: Высш. шк., 1990. – 383 с.

20. В.А. Елесеєва Справочник по автоматизированному электроприводу .А.В. Шинявского. Под ред.– [Текст] М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.

21. Медведев А.Е. Программное обеспечение приборов и систем управления. Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]: для студентов спец. 140604. - Кемерово: ГУ КузГТУ, Электрон. опт. диск , 2009.- 68с.

22. Автоматизация процессов подземных горных работ // Иванов. К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987.-328 с.

23. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности// Батицкий В.А., Куроедов В.И., Рыжов А.А. М: Недра,1991.- 303 с

24. 5. Картавий Н.Г. Стационарні установки – К., 2005.

25.

26. 6. Хаджиков Р.Н., Бутаков С.А. Гірська механіка. – К., 2004.

27. 7. Хаджиков Р.Н., Бутаков С.А. Збірник прикладів і завдань по гірській механіці. – К., 2001

28. 8. Попов В.Н. Водовідливні установки. Довідковий посібник. – К., 1991.

29. 9. Шевчук С.П.Повышение эффективности водоотливных установок -К.:Техника, 1991.–53 с.

30. 10.Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение, 1988, 256 с.

31. 11 Попов В.М. Водоотливные установки: справочное пособие М., Недра 1990, 254 с.

32. Попов В.М. Рудничные водоотливные установки. – 2-е изд. – М.: Недра, 1983. – 304 с.

33. . Апфельбахер, Р. Погружные насосы фирмы KSB AG для горнодобывающей промышленности / Р. Апфельбахер // Горная промышленность.- 1998.-№2.- С. 10-11.

34. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый электропривод насосных установок. М.: ИК "Ягорба" Биоинформсервис. 1998, 180с.

35. Шевчук С.П. Повышение эффективности водоотливных установок. Учебное пособие. - Киев, УМК ВО, 1990, 104 с.

					ДП 2410.ОА-г61-1-5 ПЗ	Лист
						82
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		